



Universidad
Carlos III de Madrid

Departamento de Ingeniería Térmica y de Fluidos

PROYECTO FIN DE CARRERA

Protección contra incendios de una Planta de Regasificación de GNL

Autor: Marta Rodríguez Maurelo

Tutor: Domingo José Santana Santana

Leganés, febrero de 2011

Título: Protección contra incendios de una Planta de Regasificación de GNL

Autor: Marta Rodríguez Maurelo

Director: Domingo Santana Santana

EL TRIBUNAL

Presidente: Ulpiano Ruiz-Rivas Hernando

Vocal: Eduardo Antonio Fernández Tarrazo

Secretario: Juan Francisco Girón de Ana

Realizado el acto de defensa y lectura del Proyecto Fin de Carrera el día 24 de febrero de 2011 en Leganés, en la Escuela Politécnica Superior de la Universidad Carlos III de Madrid, acuerda otorgarle la CALIFICACIÓN de

*A mi familia,
un ejemplo para mí.*

AGRADECIMIENTOS

Acaba de finalizar una etapa de mi vida, una etapa llena de emociones, de sentimientos, de personas... No sabría cómo definirla, probablemente la más corta pero la más intensa. Cada vez que cierro una etapa miro hacia atrás y veo todas aquellas personas que me han acompañado:

Voy a empezar por vosotros, los más importantes, mi familia. Gracias por apoyarme en todo momento, como habéis hecho siempre. Si no fuera por vosotros, por vuestro apoyo incondicional, no estaría ahora mismo aquí, habéis sabido tenderme una mano cuando la he necesitado, hacerme volver a la realidad, sacarme una sonrisa cuando lo veía todo negro, confiar en mí cuando yo no lo hacía, hacerme feliz en cualquier momento... qué decir de vosotros... sois un ejemplo para mí. Aún me queda mucho camino por recorrer, y lo único que se, es que quiero hacerlo con vosotros a mi lado, sin vosotros nada sería lo mismo.

Ahora os toca a vosotros, mis amigos de la uni. Cuántos momentos hemos pasado, cuántos nervios, cuántas risas, cuántos exámenes interminables, cuántos cafés, cuántas prácticas...y de todo ello solo recuerdo los buenos momentos. Con vosotros he aprendido a ser yo misma. Hemos pasado de ser compañeros a ser amigos, y algunos incluso más que eso, casi como hermanas, si, principalmente vosotras: Laura y Eva.

Mis amigas de Bece también habéis estado muy presentes en esta etapa, me habéis apoyado (como siempre habéis hecho), me habéis animado, siempre que os he necesitado habéis estado ahí, gracias Christel, Marisa, Patri y Belén.

Hay una persona que aún no he nombrado, eres tú Nacho. Gracias por confiar en mí siempre, por esas palabras de ánimo, por tu comprensión y apoyo, por tu cariño. Nunca encontraría un mejor compañero para mi vida.

Por último, agradecer a Adolfo Sahuquillo su gran aportación a este proyecto, si no fuera por él, este proyecto no se habría podido llevar a cabo; además de ser un gran profesional, es una gran persona.

RESUMEN Y ANTECEDENTES

La protección contra incendios nació en 1723, cuando se inventó en Inglaterra el primer rociador automático, hoy en día ha tomado muchísima más importancia por la gran complejidad y valor de las instalaciones a proteger. Este Proyecto trata de reflejar la importancia de la Protección contra incendios en el sector industrial, específicamente se va a centrar en las Plantas de Regasificación de GNL, y además pretende reflejar los pasos a seguir en el diseño de los sistemas de protección contra incendio.

El Proyecto estudia el proceso de Regasificación de GNL , ya que es clave para conocer los posibles escenarios de (riesgo) fugas fundamentalmente; equipos afectados y el funcionamiento de los mismos, así como familiarizarse con las propiedades del fluido involucrado (GNL), imprescindible para dominar su comportamiento en situaciones críticas (fugas, cambios de temperatura o de presión bruscos...). Además, se explican los sistemas de protección automáticos implicados en la protección de la Planta, se indica la normativa que se ha de cumplir en el desarrollo de dichos sistemas y finalmente se calcularán mediante el programa de cálculos hidráulicos HASS los sistemas de protección, tuberías...todos aquellos datos necesarios para su implantación. Igualmente se incluirán los planos en AutoCad de los equipos con sus protecciones. Por último, se reflejará la importancia del buen diseño de los sistemas, de la elección de las bombas contra incendios, de su correcta instalación, y del necesario mantenimiento preventivo de los equipos...y se tratará de dar algunas ideas sobre futuras líneas de estudio. Para que una instalación de protección contra incendios sea eficaz, es decir, que cuando tenga que funcionar cumpla con lo que se espera (que controle/extinga) un incendio es necesario:

- Un buen Diseño basado en el cumplimiento de las Normas según el tipo de riesgo.
- Una instalación/montaje de acuerdo al Proyecto original y cumpliendo Normas.
- Un Mantenimiento Preventivo de los equipos adecuado.

Si no se cumple cualquiera de estas premisas la instalación no es fiable y en el momento en que tenga que funcionar puede ser ineficaz y el resultado puede ser la destrucción de la Planta.

ABSTRACT

Fire protection was born in 1723, when he was invented the first automatic sprinkler in England. Today it has been a lot more importance for the complexity and value of the facilities to be protected. This project seeks to reflect the importance of fire protection industry and will focus specifically on LNG regasification plants, and therefore seeks to reflect the future steps in the design of fire protection systems.

This project studies the LNG regasification process, as key to identify possible scenarios (risk) essentially leak, affected computers and their operation and become familiar with the properties of the fluid involved (LNG), essential for controlling its behavior at critical situations (leakage, temperature changes or sudden pressure...). In addition, we explain the automatic protection systems involved in protecting the plant, specifying the rules to be enforced in the development of such systems and finally calculated using the hydraulic calculations program HASS protection systems, plumbing...and all data necessary for its implementation. It shall also include the plans in AutoCad with their protective equipment. Finally, it will reflect the importance of good system design, the choice of fire pumps, their proper installation, and the necessary preventive maintenance of equipment... and will attempt to give some ideas on future areas of study. For a system / installation of fire protection to be effective, this is when you have to work to comply with what is expected from it in order to / extinguish a fire is necessary:

- A good Design based on compliance with the rules depending on the type of risk.
- An installation / assembly, according to the original project and meeting standards.
- A preventive maintenance of appropriate equipment.

Failure to meet any of these premises would make the installation is not reliable and when needed to perform, it might be ineffective and may result in the destruction of the plant.

ÍNDICE

| | |
|---|-----------|
| AGRADECIMIENTOS..... | V |
| RESUMEN Y ANTECEDENTES | VI |
| ABSTRACT | VII |
| 1. INTRODUCCIÓN | 13 |
| 1.1 INTRODUCCIÓN..... | 14 |
| 1.2 OBJETIVOS | 14 |
| 1.3 FASES DEL DESARROLLO..... | 14 |
| 1.4 MEDIOS EMPLEADOS | 15 |
| 1.5 MOTIVACIÓN | 15 |
| 1.6 ESQUEMA DE LA MEMORIA | 16 |
| 2. PLANTA DE REGASIFICACIÓN DE GAS NATURAL LICUADO | 18 |
| 2.1 INTRODUCCIÓN..... | 19 |
| 2.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE REGASIFICACIÓN..... | 20 |
| 2.3 SITUACIÓN..... | 34 |
| 2.4 DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA..... | 34 |
| 2.5 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS..... | 36 |
| 2.6 CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DEL GAS NATURAL | 37 |
| 3. FILOSOFÍA DE LA PROTECCIÓN DE UNA PLANTA DE REGASIFICACIÓN..... | 40 |
| 3.1 INTRODUCCIÓN..... | 41 |
| 3.2 PILARES FUNDAMENTALES | 43 |
| 3.2.1 CONTENCIÓN PRIMARIA..... | 43 |
| 3.2.2 CONTENCIÓN SECUNDARIA..... | 44 |
| 3.2.3 SISTEMAS DE SEGURIDAD | 44 |

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 3.2.4 | DISTANCIA DE SEPARACIÓN | 44 |
| 4. | NORMATIVA APLICABLE..... | 46 |
| 4.1 | INTRODUCCIÓN..... | 47 |
| 4.2 | NORMATIVA | 47 |
| 4.2.1 | GENERAL..... | 47 |
| 4.2.2 | NORMATIVA DE ROCIADORES..... | 48 |
| 4.2.3 | NORMATIVAN BOMBAS CONTRA INCENDIOS. ABASTECIMIENTO DE AGUA .. | 48 |
| 4.2.4 | NORMATIVA AGUA PULVERIZADA | 48 |
| 4.2.5 | NORMATIVA EXTINCIÓN POR ESPUMA | 48 |
| 4.2.6 | NORMATIVA DE HIDRANTES..... | 49 |
| 4.2.7 | NORMATIVA BIE'S..... | 49 |
| 4.2.8 | NORMATIVA EXTINTORES PORTÁTILES..... | 50 |
| 4.2.9 | NORMATIVA EXTINCIÓN POR POLVO QUÍMICO..... | 50 |
| 5. | DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS..... | 51 |
| 5.1 | INTRODUCCIÓN..... | 52 |
| 5.2 | AGUA PULVERIZADA..... | 52 |
| 5.2.1 | FUNCIONAMIENTO | 52 |
| 5.2.2 | USOS..... | 53 |
| 5.2.3 | COMPONENTES | 53 |
| 5.2.4 | EFFECTOS..... | 57 |
| 5.2.5 | APLICACIONES..... | 58 |
| 5.3 | SISTEMA DE ESPUMA | 59 |
| 5.3.1 | USOS | 60 |
| 5.3.2 | COMPONENTES | 60 |
| 5.3.3 | TIPOS DE ESPUMÓGENO..... | 73 |

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 5.3.4 | COEFICIENTE DE EXPANSIÓN | 73 |
| 5.3.5 | EFFECTOS..... | 74 |
| 5.3.6 | NECESIDAD DE DESCARGA..... | 76 |
| 6. | ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO | 77 |
| 6.1 | INTRODUCCIÓN | 78 |
| 6.2 | ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO | 78 |
| 6.2.1 | GENERALES..... | 78 |
| 6.2.2 | ROCIADORES | 79 |
| 6.2.3 | CORTINAS DE AGUA/HYDRO-SHIELDS | 79 |
| 6.2.4 | EN LA RED DE AGUA CONTRA INCENDIOS | 79 |
| 6.2.5 | BOMBA DE AGUA CONTRA INCENDIOS..... | 81 |
| 6.2.6 | ANÁLISIS DE RIESGO DE INCENDIO..... | 81 |
| 6.3 | NECESIDADES HIDRÁULICAS | 84 |
| 6.4 | DETECCIÓN EN EQUIPOS Y SISTEMAS | 86 |
| 7. | TUBERÍAS Y SOPORTES | 92 |
| 7.1 | INTRODUCCIÓN | 93 |
| 7.2 | TUBERÍA DE FUNDICIÓN DÚCTIL..... | 93 |
| 7.2.1 | NORMATIVA..... | 93 |
| 7.2.2 | DESCRIPCIÓN | 93 |
| 7.2.3 | CARACTERÍSTICAS MÍNIMAS | 94 |
| 7.2.4 | REVESTIMIENTO INTERNO..... | 94 |
| 7.2.5 | REVESTIMIENTO EXTERNO | 95 |
| 7.2.6 | MEDIDAS | 95 |
| 7.3 | TUBERÍA UNE-EN-10216-1 TR1 ACERO ESTIRADO SIN SOLDADURA (OBSOLETA DIN-2448)..... | 96 |

| | | |
|---------|--|-----|
| 7.3.1 | CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS..... | 96 |
| 7.3.2 | MEDIDAS | 97 |
| 7.4 | SOPORTES | 97 |
| 8. | CÁLCULOS HIDRÁULICOS | 99 |
| 8.1 | PLANTEAMIENTO INICIAL DEL SISTEMA DE AGUA PULVERIZADA | 100 |
| 8.2 | PLANTEAMIENTO INICIAL DE CORTINAS DE AGUA/HYDRO-SHIELDS | 101 |
| 8.3 | PLANTEAMIENTO INICIAL DE ESPUMA DE ALTA EXPANSIÓN | 102 |
| 8.4 | HASS (HYDRAULIC ANALYZER OF SPRINKLER SYSTEM) | 103 |
| 8.4.1 | FUNCIONAMIENTO DEL PROGRAMA | 103 |
| 8.5 | EQUIPOS | 111 |
| 8.5.1 | BOMBAS SECUNDARIAS..... | 111 |
| 8.5.1.1 | SISTEMA DE AGUA PULVERIZADA | 111 |
| 8.5.1.2 | HYDRO-SHIELDS (CORTINAS DE AGUA) | 119 |
| 8.5.2 | COMPRESOR | 120 |
| 8.5.2.1 | SISTEMA DE AGUA PULVERIZADA | 120 |
| 8.5.2.2 | CORTINAS DE AGUA CON ROCIADORES DE VENTANA..... | 129 |
| 8.5.3 | TANQUE ALMACENAMIENTO GNL..... | 131 |
| 8.5.3.1 | SISTEMA DE AGUA PULVERIZADA | 131 |
| 8.5.3.2 | HYDRO-SHIELDS (CORTINAS DE AGUA) | 140 |
| 8.5.4 | BALSA DE RECOGIDA DE DERRAMES | 141 |
| 8.5.4.1 | SISTEMA DE ESPUMA..... | 141 |
| 8.5.5 | VAPORIZADOR COMBUSTIÓN SUMERGIDA..... | 150 |
| 8.5.5.1 | SISTEMA DE AGUA PULVERIZADA | 150 |
| 8.5.5.2 | HYDRO-SHIELDS (CORTINAS DE AGUA) | 153 |
| 8.5.6 | VAPORIZADOR DE AGUA DE MAR | 155 |

| | | |
|----------|--|-----|
| 8.5.6.1 | SISTEMA DE AGUA PULVERIZADA | 155 |
| 8.5.6.2 | HYDRO-SHIELDS (CORTINAS DE AGUA) | 157 |
| 8.5.7 | PLATAFORMA VÁLVULAS DE ATRAQUE..... | 158 |
| 8.5.7.1 | SISTEMA DE AGUA PULVERIZADA | 158 |
| 8.5.7.2 | HYDRO-SHIELDS (CORTINAS DE AGUA) | 164 |
| 8.5.8 | RELICUADOR | 165 |
| 8.5.8.1 | SISTEMA DE AGUA PULVERIZADA | 165 |
| 8.5.9 | SEPARACIÓN ASPIRACIÓN DEL COMPRESOR..... | 171 |
| 8.5.9.1 | SISTEMA DE AGUA PULVERIZADA | 171 |
| 8.5.10 | KO DRUM DE ANTORCHA..... | 178 |
| 8.5.10.1 | SISTEMA DE AGUA PULVERIZADA | 178 |
| 8.5.11 | CARGADERO DE CAMIONES CISTERNAS | 184 |
| 8.5.11.1 | SISTEMA DE AGUA PULVERIZADA | 184 |
| 8.5.11.2 | HYDRO-SHIELDS (CORTINAS DE AGUA) | 187 |
| 8.5.12 | ESTACIÓN DE MEDIDA | 188 |
| 8.5.12.1 | SISTEMA DE AGUA PULVERIZADA | 188 |
| 8.5.13 | ALMACENAMIENTO DE THT..... | 190 |
| 8.5.13.1 | SISTEMA DE ESPUMA..... | 190 |
| 8.5.14 | TRANSFORMADORES SUBESTACIÓN 1 | 192 |
| 8.5.14.1 | SISTEMA DE AGUA PULVERIZADA | 192 |
| 8.5.15 | TRANSFORMADORES SUBESTACIÓN 2 | 201 |
| 8.5.15.1 | SISTEMA DE AGUA PULVERIZADA | 201 |
| 8.5.16 | SUBESTACIÓN 1 Y SALA DE CONTROL | 203 |
| 8.5.16.1 | SISTEMA DE AGUA PULVERIZADA | 203 |
| 8.5.17 | SUBESTACIÓN 2 Y SALA DE CONTROL | 204 |

| | | |
|-----------|--|-----|
| 8.5.17.1 | SISTEMA DE AGUA PULVERIZADA | 204 |
| 8.5.18 | SALA DE CONTROL BRAZOS DE DESCARGA | 206 |
| 8.5.18.1 | SISTEMA DE AGUA PULVERIZADA | 206 |
| 8.6 | DATOS OBTENIDOS DEL PROGRAMA DE CÁLCULO HIDRÁULICO HASS | 213 |
| 8.6.1 | SISTEMA DE AGUA PULVERIZADA | 213 |
| 8.6.2 | CORTINAS | 217 |
| 8.7 | CÁLCULO DEL DEPÓSITO DE AGUA DULCE | 218 |
| 8.8 | SELECCIÓN DE LA BOMBA | 219 |
| 8.8.1 | OPCIÓN 1: TANQUE METÁLICO CON RECUBRIMIENTO DE HORMIGÓN | 219 |
| 8.8.2 | OPCIÓN 2: TANQUE METÁLICO SIN RECUBRIMIENTO DE HORMIGÓN | 224 |
| 8.8.2.1 | TANQUE NDE ALMACENAMIENTO DE GNL | 226 |
| 8.8.2.1.1 | SISTEMA DE AGUA PULVERIZADA | 226 |
| 8.8.2.2 | SELECCIÓN DE LA BOMBA | 234 |
| 9. | PLANOS | 235 |
| 9.1 | BOMBAS SECUNDARIAS | 236 |
| 9.1.1 | AGUA PULVERIZADA | 237 |
| 9.1.2 | HYDRO-SHIELDS | 238 |
| 9.2 | COMPRESOR | 239 |
| 9.2.1 | AGUA PULVERIZADA | 240 |
| 9.2.2 | CORTINAS DE AGUA | 242 |
| 9.3 | TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE GNL | 243 |
| 9.3.1 | AGUA PULVERIZADA (BOMBAS PRIMARIAS) | 244 |
| 9.3.2 | AGUA PULVERIZADA (OTRAS PLATAFORMAS) | 245 |
| 9.3.3 | AGUA PULVERIZADA (ENVOLVENTE) | 246 |
| 9.3.4 | AGUA PULVERIZADA (TUBERÍAS QUE SUBEN A CÚPULA) | 247 |

| | | |
|--------|--|------------|
| 9.3.5 | HYDRO-SHIELDS..... | 248 |
| 9.4 | VAPORIZADOR COMBUSTIÓN SUMERGIDA | 249 |
| 9.4.1 | AGUA PULVERIZADA | 250 |
| 9.4.2 | HYDRO-SHIELDS..... | 251 |
| 9.5 | VAPORIZADOR AGUA DE MAR | 252 |
| 9.5.1 | AGUA PULVERIZADA | 253 |
| 9.5.2 | HYDRO-SHIELDS..... | 254 |
| 9.6 | PLATAFORMA DE VÁLVULAS DE ATRAQUE | 255 |
| 9.6.1 | PLATAFORMA DEL JETTY | 255 |
| 9.6.2 | AGUA PULVERIZADA | 256 |
| 9.6.3 | HYDRO-SHIELDS..... | 257 |
| 9.6.4 | DEPÓSITO SEPARADOR DEL PANTALÁN | 258 |
| 9.6.5 | AGUA PULVERIZADA | 259 |
| 9.7 | RELICUADOR | 260 |
| 9.7.1 | AGUA PULVERIZADA | 261 |
| 9.8 | SEPARACIÓN ASPIRACIÓN DEL COMPRESOR | 262 |
| 9.8.1 | AGUA PULVERIZADA | 263 |
| 9.9 | KO DRUM DE ANTORCHA | 264 |
| 9.9.1 | AGUA PULVERIZADA | 265 |
| 9.10 | CARGADERO DE CAMIONES CISTERNA | 266 |
| 9.10.1 | AGUA PULVERIZADA..... | 267 |
| 9.10.2 | HYDRO-SHIELDS..... | 268 |
| 9.11 | ESTACIÓN DE MEDIDA..... | 269 |
| 9.11.1 | AGUA PULVERIZADA..... | 270 |
| 9.12 | TRANSFORMADORES SUBESTACIÓN 1 | 271 |

| | | |
|--------|---|------------|
| 9.12.1 | AGUA PULVERIZADA..... | 272 |
| 9.13 | TRANSFORMADORES SUBESTACIÓN 2 | 273 |
| 9.13.1 | AGUA PULVERIZADA..... | 274 |
| 9.14 | SUBESTACIÓN 1 Y SALA DE CONTROL | 275 |
| 9.14.1 | AGUA PULVERIZADA..... | 276 |
| 9.15 | SUBESTACIÓN 2 Y SALA DE CONTROL | 277 |
| 9.15.1 | AGUA PULVERIZADA..... | 278 |
| 9.16 | SALA DE CONTROL BRAZOS DE DESCARGA | 279 |
| 9.16.1 | AGUA PULVERIZADA..... | 280 |
| 10. | CONCLUSIONES Y FUTUROS DESARROLLOS | 281 |
| 10.1 | CONCLUSIONES | 282 |
| 10.2 | FUTUROS DESARROLLOS..... | 282 |
| 11. | BIBLIOGRAFÍA..... | 284 |
| 12. | ANEXO I..... | 288 |
| 13. | ANEXO II | 297 |
| 14. | ANEXO III..... | 8 |
| 15. | ANEXO IV | 7 |
| 16. | ANEXO V..... | 3 |
| 17. | ANEXO VI..... | 3 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Plantas de Regasificación en España | 18 |
| Figura 2. Metanero | 19 |
| Figura 3. Brazos de descarga..... | 20 |
| Figura 4. Conexión de escape rápido..... | 21 |
| Figura 5. Tanque de almacenamiento..... | 22 |
| Figura 6. Interior del tanque de almacenamiento de GNL..... | 23 |
| Figura 7. Bomba primaria..... | 24 |
| Figura 8. Compresor de boil-off. | 25 |
| Figura 9. Relicuador..... | 26 |
| Figura 10. Bombas secundarias. | 27 |
| Figura 11. Vaporizador de agua de mar..... | 28 |
| Figura 12. Vaporizador de combustión sumergida. | 28 |
| Figura 13. Estación de odorización y medida..... | 29 |
| Figura 14. Cargadero de camiones cisterna..... | 29 |
| Figura 15. Vista general de una Planta de Regasificación. | 30 |
| Figura 16. Trayectoria de los fluidos involucrados..... | 31 |
| Figura 17. Escenarios de posibles fugas..... | 32 |
| Figura 18. Boquilla de alta velocidad..... | 53 |
| Figura 19.Boquilla de baja velocidad | 53 |
| Figura 20. Válvula de diluvio..... | 54 |

| | |
|---|----|
| Figura 21. Filtro..... | 55 |
| Figura 22. Sistema de detección de incendios, alarma..... | 56 |
| Figura 23. Esquema sobre la formación de la Espuma | 59 |
| Figura 24. Proporcionador Venturi..... | 61 |
| Figura 25. Esquema de la instalación tipo Venturi..... | 61 |
| Figura 26. Diagrama de flujo utilizando proporcionador "in line" | 62 |
| Figura 27. Tanque a presión sin membrana..... | 63 |
| Figura 28. Tanque de membrana..... | 64 |
| Figura 29. Diagrama de flujo del sistema de bombeo..... | 65 |
| Figura 30. Cámaras de Espuma..... | 66 |
| Figura 31. Vertederas de Espuma..... | 67 |
| Figura 32. Generador de Espuma de Alta Expansión..... | 67 |
| Figura 33. Inundación de hangares con generador de Espuma de Alta Expansión | 68 |
| Figura 34. Monitor manual..... | 68 |
| Figura 35. Monitos oscilante..... | 69 |
| Figura 36. Monitor eléctrico..... | 69 |
| Figura 37. Monitor hidráulico..... | 70 |
| Figura 38. Pulverizador con aireación..... | 71 |
| Figura 39. Pulverizador sin aireación..... | 71 |
| Figura 40. Boquilla auto-aspirante..... | 71 |
| Figura 41. Efecto refrigeración..... | 73 |

| | |
|---|----|
| Figura 42. Efecto refrigerante..... | 74 |
| Figura 43. Efecto sofocación..... | 74 |
| Figura 44. Efecto inanición..... | 75 |
| Figura 45. Tubería de fundición dúctil..... | 94 |
| Figura 46. Tubería UNE-EN 10216-1..... | 96 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|-----|
| Tabla 1. Necesidades hidráulicas de los equipos de la Planta..... | 85 |
| Tabla 2. Sistemas de detección..... | 90 |
| Tabla 3. Relación diámetro nominal-presión..... | 93 |
| Tabla 4. Relación diámetro nominal-espesor-tolerancia en tubos revestidos con capa de mortero de cemento de horno alto | 93 |
| Tabla 5. Medidas tubería fundición dúctil..... | 95 |
| Tabla 6. Medidas tubería de acero estirado sin soldadura..... | 96 |
| Tabla 7. Tiempo de inundación | 142 |
| Tabla 8. Relación distancia entre boquillas-tensión nominal..... | 192 |

1. INTRODUCCIÓN

1.1 INTRODUCCIÓN

El gas natural se ha revelado como el combustible fósil capaz de favorecer el desarrollo sostenible de la sociedad actual al ser su ciclo de vida el que menores impactos ambientales genera.

El presente Proyecto se elabora para definir y diseñar los sistemas hidráulicos de la Protección contra incendios de una Planta “tipo” de Regasificación de Gas Natural. No se trata por tanto de un proyecto constructivo de la Planta, aunque a lo largo del mismo se hará referencia a datos de la construcción, sobre todo si afectan a las instalaciones contra incendios. En él se explicarán cada uno de los sistemas automáticos involucrados, las distintas normas que regulan estos sistemas y las especificaciones a las que hay que ajustarse en este tipo de Plantas Industriales.

1.2 OBJETIVOS

Los principales objetivos de este proyecto son tres:

1. Reflejar la importancia de la Protección contra incendios en las empresas actuales, poniendo ejemplos de situaciones donde una correcta gestión del riesgo ayude a obtener mejores resultados a las empresas.
2. Reconocer e identificar las principales estrategias de protección contra incendios que brinden la mejor protección para una Planta de Regasificación de GNL.
3. Reflejar los pasos a seguir en el diseño de los sistemas hidráulicos de protección contra incendios.

1.3 FASES DEL DESARROLLO

El presente Proyecto se ha dividido en tres fases principales:

La primera parte se corresponde con la parte más teórica, en ella se establecen las bases sobre las que diseñar la Protección contra incendios de la Planta. Esta fase teórica desarrolla qué es una Planta de Regasificación de GNL, desde los equipos que contiene hasta los posibles escenarios de riesgo, las pautas que se ha de seguir para su protección, las características físicas del fluido principal (GNL), además de plasmar la normativa que corresponde a este tipo de Industrias y una explicación sobre los sistemas de protección asociados

La segunda parte refleja las necesidades, tanto hidráulicas como de cada uno de los sistemas de protección contra incendios, de una Planta de Regasificación de GNL, basándose en los cálculos de diseño para este tipo de instalaciones según la Normativa que les es de aplicación.

Por último se desarrolla el diseño explicado anteriormente con el uso del programa de cálculo hidráulico HASS. Asimismo se realizan los planos de protección de cada uno de los equipos pertenecientes a la Planta, y se muestran detalles de los elementos constructivos de los sistemas de protección (boquillas, válvulas de diluvio, puesto de control...).

1.4 MEDIOS EMPLEADOS

Este Proyecto ha sido realizado con el programa de cálculo hidráulico HASS, con el software AutoCAD 2009(programa de diseño asistido por computadora) y además cuenta con recomendaciones obtenidas de la experiencia de diversos profesionales de este sector.

1.5 MOTIVACIÓN

La Protección Contra Incendios es un tema que está de actualidad constantemente ¿quién no ha oído hablar del Windsor? Hoy en día, aunque haya bajado el número, la mayor parte

de las personas tenemos un seguro (del coche, de la casa...) que nos cubre el riesgo de incendio. Pero... ¿qué estudios hay en España sobre este tema? Aunque sea contradictorio, no hay ninguna carrera, módulo, que te enseñe realmente cómo se detectan los incendios, los sistemas de control, de supresión...

Hace un par de años no sabía cómo funcionaba un sistema de rociadores, ni lo que era una CHE, pero comencé unas prácticas y me pareció un mundo aparte; entonces empecé a leer, a informarme, a hacer muchas preguntas, y poco a poco me fui introduciendo en este mundo, tanto que ya había decidido de qué quería que tratara este Proyecto.

La intención de este Proyecto es hacer un sistema Contra Incendios que, aunque ya esté creado y no sea el primero en España, me enseñe para que en un futuro pueda dedicarme a ello. La idea de proteger una Planta de Regasificación de GNL nació de mi tutor, quería que aprendiera a diseñar cualquier tipo de sistemas a la vez que aprendía nuevos conocimientos sobre temas tan relacionados con la ingeniería como es la Regasificación del GNL.

Ya tenía todo lo que esperaba de un Proyecto: actual, útil, interés, nuevos conocimientos y la Protección Contra Incendios.

1.6 ESQUEMA DE LA MEMORIA

Capítulo 1. Introducción

Muestra de forma breve y concisa el resumen del Proyecto, así como los objetivos buscados y las razones que han llevado a realizarlo.

Capítulo 2. Planta de Regasificación de GNL

Explica tanto cada una de las máquinas involucradas como el tratamiento seguido por el GNL desde su obtención hasta su distribución.

Capítulo 3. Filosofía de protección de una Planta de Regasificación

Presenta los cuatro pilares fundamentales de la Protección contra incendios.

Capítulo 4. Normativa aplicable

Señala la normativa que debe seguir una Planta de Regasificación de GNL, principalmente los sistemas asociados a su protección.

Capítulo 5. Descripción de los sistemas

Desarrolla los sistemas que va a utilizarse en la protección de la Planta para facilitar la comprensión del Proyecto y de los cálculos hidráulicos.

Capítulo 6. Especificaciones del Proyecto

Plasma las necesidades tanto hidráulicas, de montaje, de diseño...requeridas en una instalación de este tipo.

Capítulo 7. Tuberías

Presenta e indica las características técnicas de las tuberías que se van a utilizar.

Capítulo 8. Cálculos hidráulicos

Cálculo de las necesidades de: caudal, presión, número de rociadores, diámetro de las tuberías... para la protección de los equipos de la Planta.

Capítulo 9. Planos

Diseño de la implantación de los sistemas para la protección de cada uno de los equipos.

2. PLANTA DE REGASIFICACIÓN DE GAS NATURAL LICUADO

2.1 INTRODUCCIÓN

Una Planta de Regasificación es una instalación industrial, dentro de la cadena del Gas Natural, donde se convierte el Gas Natural Licuado en Gas Natural y posteriormente se lleva a aquellos los lugares donde se necesite. Suelen estar situadas en la costa, próximas a puertos donde los barcos metaneros puedan descargar el GNL.

Actualmente existen seis regasificadoras en España (ver figura 1): Barcelona, Cartagena y Huelva (propiedad de ENAGAS), Sagunto (propiedad de SAGGAS), Mugaridos (propiedad de REGANOSA) y Bilbao (propiedad de cuatro compañías, una de ellas es ENAGAS) [1].

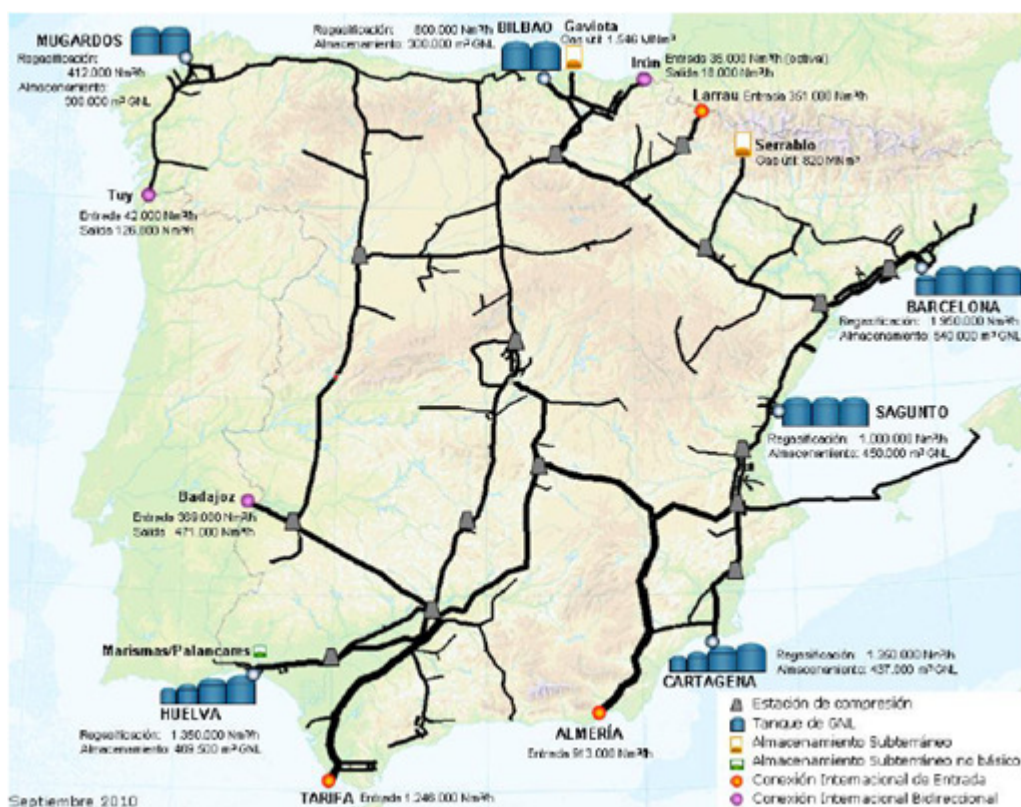


Figura 1. Plantas de Regasificación en España.

2.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE REGASIFICACIÓN

El Gas Natural Licuado (GNL) es transportado en estado líquido a -160°C , puesto que en estas condiciones ocupa un volumen 600 veces menor, en buques especiales (metaneros). Los metaneros (ver figura 2) son barcos extremadamente seguros, gracias a sus extensas medidas de seguridad y su diseño robusto (doble casco). Nunca ha existido un incidente en un barco metanero que haya provocado la pérdida de GNL [2].



Figura 2. Metanero.

Los metaneros transfieren el GNL a la planta de regasificación mediante brazos de descarga, normalmente entre 3 y 4 (ver figura 3). Los brazos de descarga son la forma más segura de descargar combustibles. Conectan una parte estática con una móvil, deben poderse desconectar rápidamente, trabajan a temperaturas muy bajas. Los brazos incorporan unas válvulas de seguridad que hacen prácticamente inexistentes los posibles vertidos de GNL en caso de emergencia. En el extremo de los brazos está situada una conexión de escape rápido que se cierra rápidamente si es necesario (una doble válvula

de seguridad se encarga del cierre) y ante una emergencia se parte impidiendo fugas de GNL (ver figura 4) [2].



Figura 3. Brazos de descarga.



Figura 4. Conexión de escape rápido.

Las bombas de los metaneros impulsan el GNL desde el barco hasta el tanque de almacenamiento a través de los brazos de descarga y de una tubería criogénica, la cual soporta muy bajas temperaturas [2].

El GNL se almacena a -160°C en un tanque de contención total. Este tanque está formado realmente por dos tanques, uno dentro de otro. El tanque interior* es de acero criogénico (que soporta muy bajas temperaturas) y tiene un espesor de varios centímetros. Está rodeado de material aislante (para minimizar la entrada de calor desde el ambiente) y del tanque exterior, de hormigón pretensado de 1 metro de espesor. En el caso de que el tanque metálico interior sufriera una fuga el tanque exterior de hormigón retendría el GNL y los vapores almacenados [2].

* Según NFPA 59 A Edición 2009 Standard for the Production Storage and Handling of Liquefied Natural Gas (LNG) : Los tanques de almacenamiento que operen a más de 100 kpa serán de doble pared y el tanque interior se construirá según el Código ASME (Calderas y recipientes a presión) e irá soldado de acuerdo a la sección VIII.

Los tanques de contención total de GNL (ver figuras 5 y 6) son instalaciones extremadamente (extraordinariamente) seguras**. En primer lugar el GNL se almacena casi a presión atmosférica y sin la presencia de oxígeno. Estos dos factores impiden que se puedan producir explosiones u otros incidentes. Cada tanque de almacenamiento de GNL contiene bombas primarias para transferir el GNL a los vaporizadores [2].



Figura 5. Tanque de almacenamiento.

**Norma UNE 1473 Análisis de riesgos en función del tipo de tanque:

| TIPO DE TANQUE | ENTER. METÁLICO O SOLO CON TECHO METÁLICO | HORMIGÓN PRETENS. (TECHO DE HORMIGÓN) |
|-------------------|--|--|
| CONTENCIÓN SIMPLE | 1 | --- |
| CONTENCIÓN TOTAL | 2 | 3 |

- 1: En caso de que se produzca el colapso del contenedor primario del tanque, el tamaño de la piscina de fuego se corresponde con la zona de retención.
- 2: En el caso del colapso del techo del tanque, el tamaño de la piscina de fuego se corresponde con el contenedor secundario.
- 3: Para estos tipos de tanque no se considera creíble el colapso.

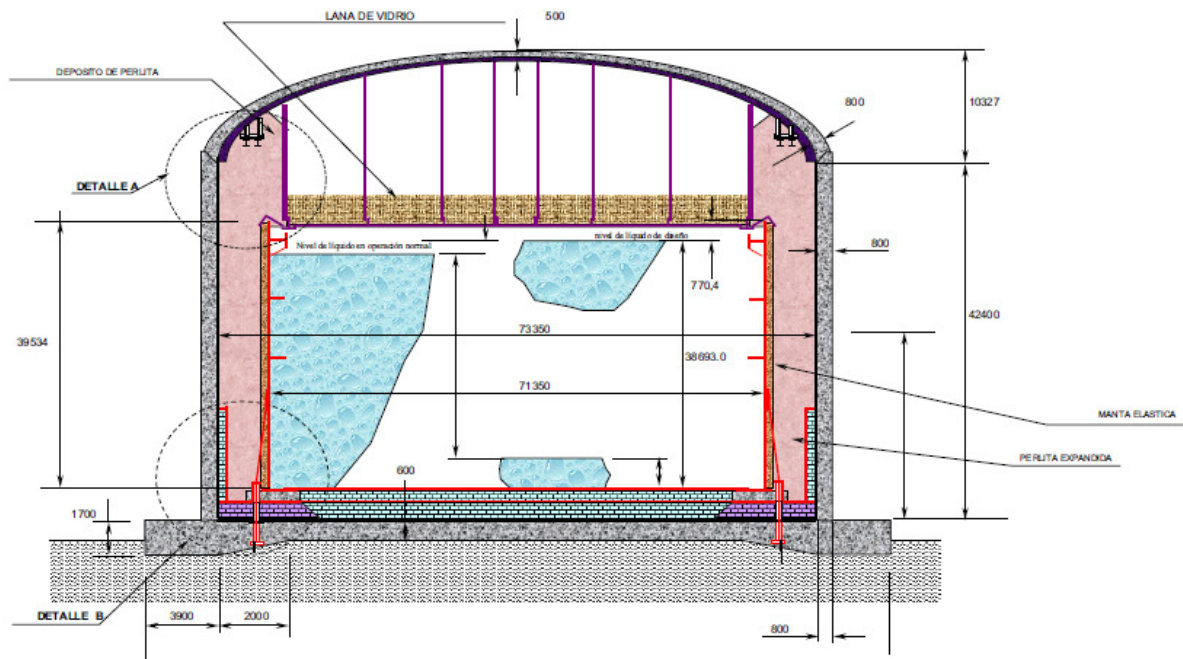


Figura 6. Interior tanque de almacenamiento GNL.

Las bombas primarias sirven para extraer el GNL de los tanques (ver figura 7). Son bombas centrífugas verticales monoetapa, están colocadas en el interior, cerca del fondo. Deben poderse extraer sin vaciar el tanque, están situadas en el interior de su tubería de impulsión. Su caudal suele oscilar entre 125 y 600m³/h y su presión entre 8 y 12 bar [3].



Figura 7. Bomba primaria.

Como ya se ha mencionado, los tanques de Contención Total tienen un importante aislamiento térmico. No obstante una fracción del calor exterior penetra en el tanque y convierte parte del gas natural licuado en gas. Este gas se extrae del tanque mediante compresores de boíl-off y se envía al relicuador. Estos compresores sirven para extraer gas de los tanques y comprimirlo, están gobernados por el control de presión de los tanques (ver figura 8) [3].



Figura 8. Compresores de boil-off.

El relicuador es un recipiente donde se mezcla el gas de boil-off con el GNL impulsado por las bombas primarias (ver figura 9) [2]. En su interior hay un relleno con gran superficie de contacto (anillos perforados de acero inoxidable) [3]. Gracias a esta mezcla se convierte en líquido todo el boil-off. De esta forma se logra aprovechar todo el gas natural almacenado [2].



Figura 9. Relicuator.

Las bombas secundarias elevan la presión del GNL desde los 7-8 bar que tiene las bombas primarias y el relicuador, hasta los 72 bar necesarios para transportar el gas. Las bombas trasiegan el gas natural aún en estado líquido (a unos -145°C) [2]. Aspiran el líquido desde el relicuador (ver figura 10) [3].



Figura 10. Bombas secundarias.

El gas natural licuado a -145°C se hace pasar por los vaporizadores de agua de mar, saliendo de éstos en estado gaseoso y a $0\div 10^{\circ}\text{C}$. El vaporizador está formado por una serie de tubos por los que se hace pasar el GNL, bañados por grandes cantidades de agua de mar (ver figura 11). En este proceso el agua de mar baja su temperatura en unos 3 a 5°C [2].



Figura 11. Vaporizadores de agua de mar.

Existe otro tipo de vaporizadores denominados de combustión sumergida, donde el fluido caliente es un baño de agua calentada por los productos de la combustión de gas en un quemador especial sumergido en el propio baño (ver figura 12). Este tipo de vaporizadores sólo funcionan en caso de fallo o mantenimiento de los de agua de mar [3].



Figura 12. Vaporizador de combustión sumergida.

La finalización del proceso de regasificación se realiza en la estación de odorización y medida. En esta estación se mide fiscalmente la cantidad de gas puesta en red y se le añade al gas natural un componente (tetrahidrotiofeno, es decir, THT) para que las fugas de gas sean detectables por el olfato humano. Una vez odorizado el gas se transportará mediante gasoductos hasta las centrales térmicas, los núcleos industriales urbanos y turísticos, en definitiva hacia el consumo (ver figura 13) [2].



Figura 13. Estación de odorización y medida

Para abastecer a los centros de consumo donde no ha llegado aún el Gas Natural canalizado se dispone de un cargadero para camiones cisternas que transportan GNL a estos puntos (ver figura 14).



Figura 14. Cargadero de camiones cisterna

En situaciones excepcionales o de emergencia en las que el sistema de compresores y relicuador no es capaz de absorber todo el gas natural vaporizado se dispone de una

antorcha de seguridad diseñada para procesar todo el excedente de gas natural evitando así su emisión directa a la atmósfera. Como último escalón de seguridad, en caso de extrema emergencia los equipos críticos disponen de válvulas de seguridad que ventean, en condiciones seguras el gas a la atmósfera [1].

A continuación se muestra una visión general de una Planta de Regasificación (ver figura 15):

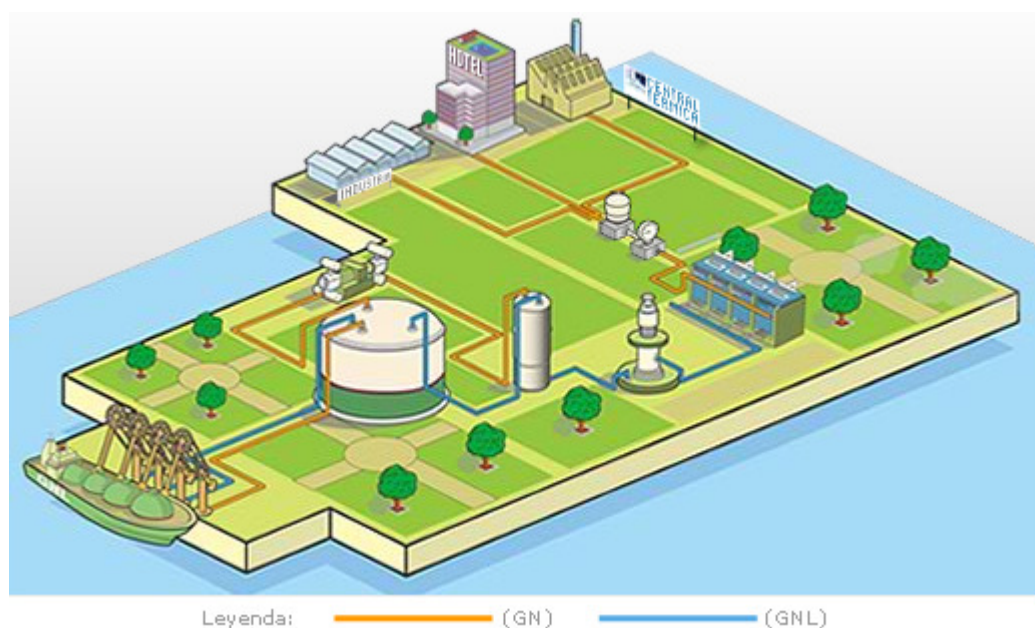


Figura 15. Vista general de una Planta de Regasificación

La figura 16 muestra un esquema del recorrido realizado por los fluidos implicados en el proceso:

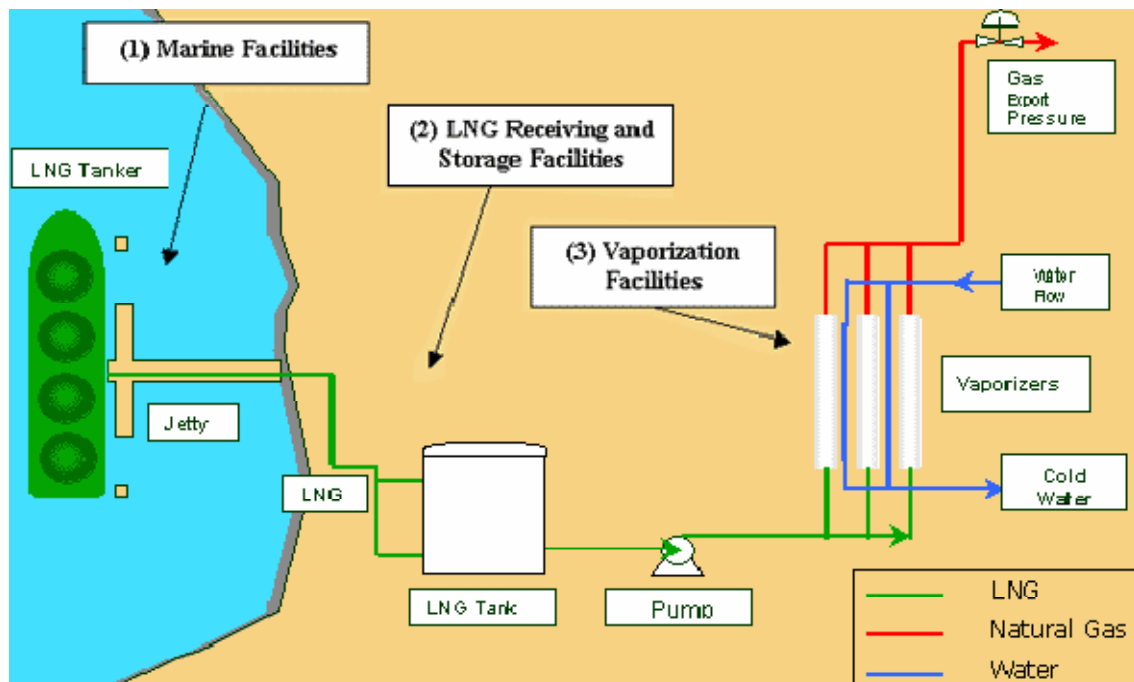


Figura 16. Trayectoria de los fluidos involucrados

Se va a mostrar la figura 16, con el añadido de la identificación de los posibles escenarios de riesgo de fugas (ver figura 17):

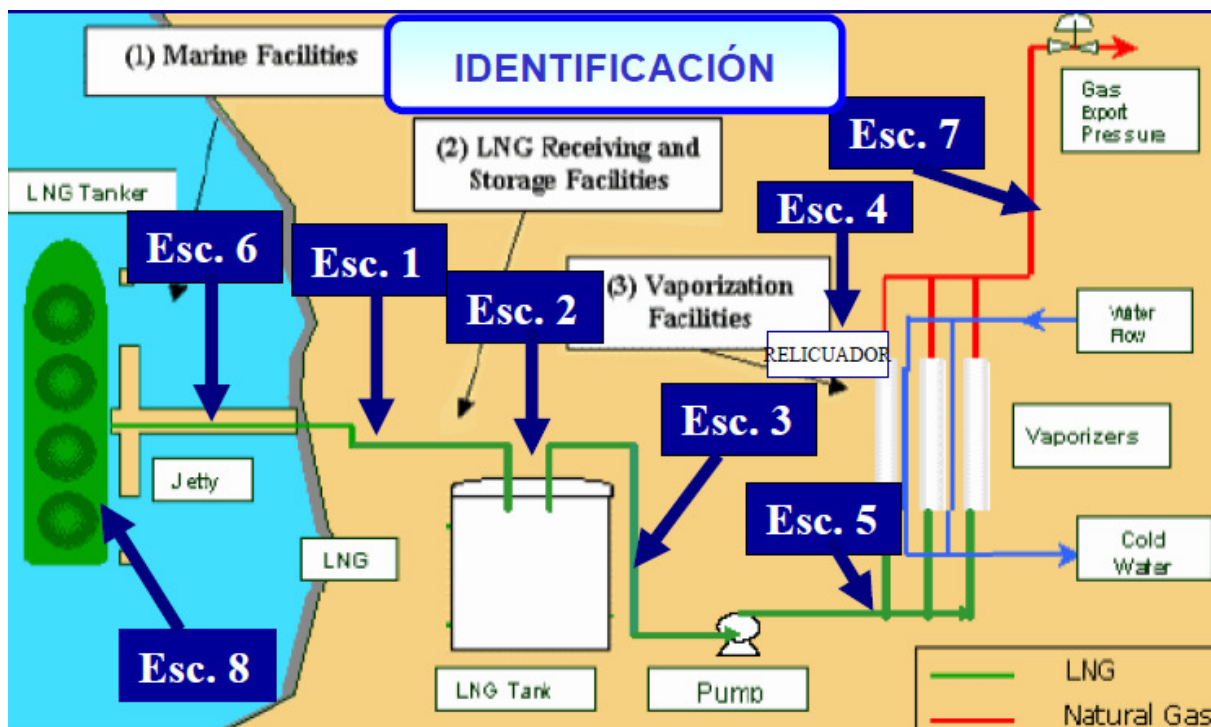


Figura 17. Escenarios de posibles fugas

- Escenario 1: Fuga en el colector de descarga de buques al tanque de almacenamiento de GNL [4].
- Escenario 2: Disparo de las PSV por sobrepresión en el tanque de almacenamiento de GNL [4].
- Escenario 3: Fuga en el colector de las bombas primarias [4].
- Escenario 4: Fuga en la línea de fondo del relicuador [4].
- Escenario 5: Fuga en el colector de descarga de las bombas de envío [4].
- Escenario 6: Fuga en la línea de salida de los compresores de gas de boil-off [4].
- Escenario 7: Fuga de gas natural en el colector de gas de envío [4].
- Escenario 8: Rotura/desconexión del brazo de descarga de GNL en el pantalán [4].

2.3 SITUACIÓN

Las Plantas de Regasificación de Gas Natural se encuentran en la costa, ya que es allí donde llegan los metaneros e introducen la carga en tanques criogénicos.

Un problema asociado a la elección del Puerto, es el gran calado de los metaneros, aproximadamente 12 m. lo cual exige puertos con una gran profundidad.

Además, hay que tener en cuenta que hay que provocar el menor impacto posible sobre zonas pobladas o en sus proximidades, la proximidad de infraestructura eléctrica y la proximidad de puntos de abastecimiento de agua.

2.4 DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA

Edificios [5]

Los edificios/secciones principales son:

- Edificio de administración.
- Sala de control de cisternas.
- Edificio social.
- Parque de bomberos.
- Talleres y almacén.
- Sala de control del pantalán.
- Sala de compresores.
- Dos subestaciones eléctricas.
- Sala de control de Planta.
- Zona de tanques.
- Cargaderos.

Cuyas características constructivas son [6]:

1. Cerramiento: bloque de hormigón.
2. Estructura: metálica.
3. Cubierta: panel sándwich de lana de Roca.

Los locales en los que se opere con GNL, refrigerantes y gases inflamables serán de construcción ligera No Combustible y con paredes que no sean de carga.

Si los locales que contengan GNL y fluidos inflamables están dentro o adosados a edificios en los que no se opera con dichos fluidos (por ejemplo: salas de control, talleres...), no tendrán más de dos paredes comunes, estarán diseñados para soportar una presión estática de 100 psi (4,8 kpa), no tendrán puertas u otros huecos de comunicación y tendrán una resistencia al fuego de 1 hora.

Instalaciones auxiliares y servicios [5]

- Sistema de agua de mar.
- Sistemas de nitrógeno, aire de instrumentos y aire de planta.
- Sistema de fuel-gas.
- Sistema de odorización.
- Sistema de carga de vehículos cisterna.

Sistemas de seguridad activa y pasiva [5]

- Sistema de defensa contra incendios.
- Sistema de seguridad activa (SSA).
- Elementos de detección de gas, llama y baja temperatura y elementos de extinción.
- Sistema de recogida de derrames y GNL mediante balsas de vertidos en las áreas de almacenamiento y proceso de la planta.
- Antorcha criogénica para un caudal de 150.000 kg/h.

2.5 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

La Planta de Regasificación dispone de una capacidad de almacenamiento de 300.000 m³ de GNL, mediante la construcción de dos tanques de 150.000 m³ cada uno, y de una capacidad de emisión de 800.000 m³(n)/h equivalentes a una emisión anual de 7 bcm (billones de metros cúbicos, utilizando la terminología internacionalmente empleada).

Instalaciones, equipos o sistemas de proceso [5]

- Frente de atraque para permitir la descarga de buques metaneros, con tres brazos de descarga dotados de elementos de amarre y accesorios necesarios e instalaciones de seguridad tales como sistemas de defensa contra incendios y balsa de recogida de posibles derrames de GNL.
- Tanques de almacenamiento de 150.000 m³ de capacidad útil, de contención total constituidos por un tanque interior metálico (acero al 9% de Ni) y un tanque exterior de hormigón con un revestimiento interno de este último estanco a los vapores del GNL.

El espacio anular entre las paredes de ambos tanques está aislado mediante un relleno de perlita y una manta resiliente de lana mineral con objeto de amortiguar las deformaciones diferenciales por cambios de temperatura del conjunto.

El fondo de hormigón del depósito externo se atraviesa por una serie de tubos conteniendo resistencias de calefacción para evitar la congelación del terreno.

Todas las conexiones de entrada y salida del líquido y gas al tanque se hacen a través de la cúpula como medida esencial de seguridad pasiva para evitar fugas de GNL por las conexiones.

Las dimensiones aproximadas son 80 metros de diámetro exterior y 45 metros de altura al centro de la cúpula.

- Bombas primarias de GNL, centrífugas multietapa de motor sumergido, ubicadas en pozos situados en el interior del tanque y próximas al fondo del tanque interior, con un caudal unitario del orden de 350 m³/h y altura diferencial de 180 metros de columna de GNL.

- Bombas secundarias de GNL, centrífugas, multi-etapa de motor sumergido ubicadas en pozos exteriores al tanque, con un caudal unitario del orden de 350 m³/h y altura diferencial de 1.600 metros de columna de GNL.
- Vaporizadores de agua de mar de 200.000 m³(n)/h de caudal unitario, con sistema de captación y devolución mediante emisario del agua de mar necesaria para el proceso de intercambio térmico. En ellos el agua de mar corre hacia abajo sobre la superficie externa del intercambiador térmico (que suele ser de aluminio o acero inoxidable). Son de construcción sencilla, fácil mantenimiento, alta confiabilidad y seguridad.
- Una conducción para el vertido del agua de mar de 30.000 m³/h de capacidad.
- Vaporizadores de combustión sumergida de 200.000 m³/h como equipos de reserva de los anteriores. Estos utilizan agua calentada por un mechero sumergido que vaporiza el GNL dentro de un tubo inoxidable de intercambio térmico. Se suele aplicar para operaciones de emergencia. Su instalación es de bajo coste, tienen un arranque rápido y permiten fluctuaciones de carga.
- Unidad de medida constituida por tres líneas con medidores por ultrasonidos, de 400.000 m³(n)/h cada una y previsión para una cuarta línea para la ampliación de la segunda fase.
- Compresores alternativos de 10.000 kg/h de caudal unitario para recuperación del boil-off junto con un relicuador de 500 m³/h de GNL como mínimo.

2.6 CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DEL GAS NATURAL

El Gas Natural producido en el cabezal del pozo se compone de metano, etano, propano e hidrocarburos más pesados, así como cantidades pequeñas de nitrógeno, helio, dióxido de carbón, compuestos de azufre y agua. El GNL es Gas Natural Licuado. El proceso de licuefacción requiere de un tratamiento inicial al flujo de gas natural para eliminar impurezas como el agua, nitrógeno, anhídrido carbónico, sulfhídrico y otros compuestos del azufre. Al eliminar dichas impurezas, no se pueden formar sólidos cuando se refrigera el gas. En ese momento el producto satisface las especificaciones de calidad para los

usuarios finales de GNL. El Gas Natural previamente tratado se licua a una temperatura de aproximadamente - 256°F (-160°C) y queda listo para ser almacenado o transportado. El GNL solo ocupa 1/600 parte del volumen que se requiere para una cantidad comparable de gas natural a temperatura ambiente y presión atmosférica normal. Dado que el GNL es un líquido extremadamente frío resultado de la refrigeración, no se almacena bajo presión. La percepción equivocada común es que el GNL es una sustancia bajo presión, y esto ha contribuido a la creencia de que es una sustancia peligrosa.

Bajo condiciones de presión atmosférica normal, el GNL es un líquido criogénico claro, no corrosivo y no tóxico. Es inodoro, de hecho para poder detectar derrames de gas natural provenientes de los calentadores de agua y otros equipos de gas natural, se le deben añadir odorantes al metano antes de que el GNL sea entregado a los distribuidores locales de gas. El gas natural (el metano) no es tóxico, sin embargo, al igual que cualquier otro material gaseoso que no sea el aire o el oxígeno, el gas natural vaporizado de GNL puede causar asfixia debido a la falta de oxígeno cuando se extiende en forma concentrada en áreas cerradas y sin ventilación.

La densidad de GNL es de aproximadamente 3.9 libras por galón, comparado con la densidad del agua, que es de aproximadamente 8.3 libras por galón. Por tanto, debido a que es más liviano que el agua, al derramarse sobre el agua, éste flota y se vaporiza rápidamente.

De no manejarse adecuadamente conforme a los sistemas de seguridad, al regresar a su fase de gas, los vapores emitidos por el GNL pueden ser inflamables y explosivos, pero sólo bajo las condiciones que ya son bien conocidas. Sin embargo, las medidas de seguridad y protección previstas en los diseños de ingeniería, las tecnologías y los procedimientos operativos de las instalaciones de GNL reducen significativamente estos riesgos.

El límite de inflamabilidad es el rango entre las concentraciones mínimas y máximas de vapor (porcentaje por volumen) en el cual el aire y los vapores de GNL forman una mezcla inflamable que puede alcanzar el punto de ignición. Los límites superiores e inferiores de inflamabilidad del metano, el componente dominante del vapor de GNL, son del 5 y 15 por

ciento por volumen respectivamente. Cuando la concentración del fluido excede su límite superior de inflamabilidad, no podrá quemarse debido a que no hay suficiente oxígeno. Esta condición puede existir, por ejemplo, en un tanque de almacenamiento cerrado y seguro en donde la concentración del vapor contiene aproximadamente 100 por ciento de metano. Cuando la concentración del fluido es menor que el límite inferior de inflamabilidad, no podrá quemarse debido a que no hay suficiente metano. Un ejemplo es el derrame de pequeñas cantidades de GNL en un área bien ventilada. En esta situación, el vapor de GNL se mezcla rápidamente con el aire y se disipa en una concentración menor al 5 por ciento. El Límite Inferior de Inflamabilidad de GNL es generalmente más alto que el de otros líquidos, es decir, que para que hubiera ignición se necesitarían más vapores de GNL (en un área específica), comparado con el GLP o la gasolina [7].

Las ventajas medioambientales del gas natural, su uso altamente eficiente, su precio competitivo y sus grandes reservas mundiales, hacen de esta fuente de energía una forma ideal para satisfacer la futura demanda energética, bajo las bases de un crecimiento sostenible [8].

3. FILOSOFÍA DE LA PROTECCIÓN DE UNA PLANTA DE REGASIFICACIÓN

3.1 INTRODUCCIÓN

Todas las instalaciones de GNL son diseñadas para cumplir con los requerimientos de contención de derrames. Cuentan con formidables sistemas de seguridad capaces de detectar derrames de GNL por medio de un número de detectores de gas (para el metano), detectores ultravioleta o infrarrojo de incendio, detectores de humo o productos de combustión, detectores de temperaturas bajas y otros detectores que miden los niveles de GNL y las presiones de su vapor. Los sistemas de televisión de circuito cerrado vigilan todos los puntos críticos de las instalaciones de GNL. Los sistemas de paro en emergencias se activan al detectar un derrame o vapor de gas. Aunque existen diferentes tipos de diseños para las instalaciones de GNL, los sistemas son generalmente similares en cuanto a la salud, seguridad y medio ambiente (HSE por sus siglas en inglés). Se postulan varios códigos y normas para asegurar que el riesgo de un derrame y el volumen del mismo se minimicen.

Los conductos de transferencia de GNL fueron diseñados para evitar emisiones. No obstante, de ocurrir un fallo en algún segmento del conducto dentro de la instalación de GNL podría haber un derrame o fuga de vapor de gas. Son improbables los derrames de GNL en un conducto de transferencia debido a que existen requisitos de diseño para dicho equipo, tal como el uso apropiado de los materiales de construcción, el uso mínimo de rebordes atornillados y las pruebas rigurosas a los conductos de GNL. Los detectores de gas e incendio activan alarmas y sistemas de espuma en toda la instalación, lo que asegura la rápida dispersión o contención de los vapores de gas o de cualquier riesgo de incendio.

Los sensores de detección (detectores) de incendios activan una alarma, y el proceso de paro comienza de inmediato, dispersando espuma química seca y/o agua desde los sistemas contra incendio. De existir una fuente de ignición, se crea una laguna de fuego en el punto de liberación de GNL líquido. Cuando el vapor de GNL se quema, despiden muy poco humo y se evapora rápidamente a consecuencia de las llamas y el calor del entorno. Si el derrame de GNL no prende fuego por un tiempo, entonces se puede formar una nube de vapor, que al prenderse regresa a su fuente. La velocidad de la combustión depende de ciertas condiciones, como el volumen de la liberación y las condiciones climatológicas.

Los buques de GNL cuentan con diseños especiales de doble casco, y este diseño proporciona protección óptima para guardar la integridad de la carga en casos de colisión o encallamiento, y también cuentan con un lastre aparte. Además del diseño del casco, los buques de GNL están previstos con equipo de seguridad que facilita el manejo del buque, así como el manejo del sistema de carga. Las características del equipo de seguridad para el manejo del buque incluyen sistemas sofisticados de radar y posicionamiento que permiten que la tripulación supervise la posición del buque, el tráfico y los riesgos próximos al buque. El sistema global de socorro marítimo automáticamente transmite señales cuando ocurre una emergencia a bordo que requiera de asistencia externa. Las características de seguridad del sistema de carga incluyen un paquete de instrumentación para parar el sistema con seguridad cuando éste opere fuera de los parámetros predeterminados. Asimismo, los buques poseen sistemas de detección de gas e incendios y sistemas para purgar el nitrógeno. De ocurrir un incendio a bordo de un buque, dos válvulas de escape de seguridad (cada una diseñada al 100% de capacidad) están instaladas para liberar el vapor hacia la atmósfera sin aumentar la presión del tanque.

Los buques de GNL utilizan medidores de velocidad de acercamiento al atracadero, asegurando así que no se exceda la velocidad de impacto prescrita para las defensas de los atracaderos, y cuando se encuentran atracados, una línea automática de atraque proporciona líneas individuales de carga que guardan la seguridad durante ese proceso. Al conectarse con el sistema en tierra, los sistemas de instrumentos y de transferencia de GNL de costa a buque actúan como un solo sistema, permitiendo paros de emergencia del sistema completo desde el buque y desde la costa.

Los buques y las instalaciones de GNL son previstos con sistemas de seguridad redundantes, por ejemplo los sistemas de Paro de Emergencia (ESD por sus siglas en inglés). Un sistema de seguridad redundante detiene las operaciones de descarga cuando el buque o la instalación de descarga no se conducen dentro de los parámetros del diseño [7].

3.2 PILARES FUNDAMENTALES

Existen cuatro pilares principales armonizados por procedimientos operativos y de mantenimiento. Se aplican a lo largo de la cadena de valor de GNL, desde su producción, licuefacción y transporte hasta su almacenamiento y regasificación. (El término “contención” se utiliza en este documento para significar el almacenamiento y aislamiento seguro de GNL.). Estos pilares son:

- Contención primaria.
- Contención secundaria.
- Sistemas de seguridad.
- Distancia de separación.

Ningún sistema puede estar completo sin los procedimientos apropiados de operación y mantenimiento [ver Anexo I], el seguimiento de los mismos y la capacitación necesaria del personal correspondiente. Organizaciones tal como la Society of International Gas Tanker and Terminal Operators (SIGTTO), Gas Processors Association (GPA) y el Nacional Fire Protection Association (NFPA) publican guías basadas en las mejores prácticas de la industria [7].

3.2.1 CONTENCIÓN PRIMARIA

El primer requisito de seguridad para la industria y el más importante es la contención de GNL. Esto se logra utilizando **materiales apropiados** en los tanques de almacenamiento y demás equipo, así como también por medio del **diseño de ingeniería** a lo largo de la cadena de valor [8].

3.2.2 CONTENCIÓN SECUNDARIA

Esta segunda capa de protección **asegura la contención y aislamiento de GNL** si llegara a ocurrir un derrame. En el caso de instalaciones en tierra, los **diques y bermas** que rodean los tanques de almacenamiento de líquidos capturan el producto en casos de derrame. En algunas instalaciones, un tanque de concreto reforzado rodea el tanque interno que normalmente almacena el GNL.

Como se explica más adelante, los sistemas de contención doble y completa usados en los tanques de almacenamiento en tierra pueden eliminar la necesidad de los diques y bermas [8].

3.2.3 SISTEMAS DE SEGURIDAD

Con la tercera capa protectora se espera **minimizar el derrame** de GNL y mitigar así los efectos del mismo. En este nivel de seguridad y protección, las operaciones de GNL utilizan sistemas tales como detectores de: gas, líquidos e incendio o para poder identificar rápidamente cualquier pérdida de la contención y sistemas remotos y de paro automático para minimizar los efectos de los derrames en casos de fallo. Los sistemas operativos (procedimientos, capacitación y capacidad de respuesta) ayudan a prevenir o mitigar los daños. El mantenimiento regular de dichos sistemas es vital para asegurar su fiabilidad [8].

3.2.4 DISTANCIA DE SEPARACIÓN

Los reglamentos siempre han establecido que las instalaciones de GNL deben ubicarse a una distancia que ofrezca seguridad a las poblaciones, industrias y áreas públicas próximas. Asimismo, se establecen zonas de seguridad que rodean los tanques buque de GNL mientras viajan por mar o cuando atracan en puerto. Las distancias de seguridad o

zonas restringidas se basan en los datos de dispersión de vapores y contornos de la radiación térmica, así como otras consideraciones incluidas en el reglamento [8].

4. NORMATIVA APLICABLE

4.1 INTRODUCCIÓN

Para la definición de las instalaciones objeto del presente Proyecto, así como de sus características y prestaciones, se utilizarán las siguientes normas y ordenanzas en los aspectos aplicables a la industria que nos ocupa, con las precisiones y matizaciones que se incluyen en los diferentes apartados del Proyecto.

En este proyecto se van a definir las protecciones contra incendio de las zonas/unidades de proceso propiamente y no se va a entrar en la protección de Edificios administrativos, sociales, talleres... a los que en función de sus superficies les serán de aplicación el Código técnico de la Edificación o el Reglamento de seguridad contra incendios en establecimientos industriales RD 2267/2004.

4.2 NORMATIVA

4.2.1 GENERAL

- NFPA 59 A Edición 2009 Standard for the Production Storage and Handling of Liquefied Natural Gas (LNG).
- Reglamento de seguridad contra incendios en establecimientos industriale RD 2267/2004.
- Código Técnico de la Edificación.
- UNE EN 1473 Instalaciones y equipos para gas natural diseño de las instalaciones terrestres.
- UNE EN 1474 Instalaciones y equipos para gas natural licuado. Diseño y ensayo de los brazo. Interfaz entre buque y tierra.
- NFPA 59A Norma para la producción, almacenamiento y manipulación de GNL.

4.2.2 NORMATIVA DE ROCIADORES

- UNE EN 12845 Sistemas fijos de lucha contra incendios. Sistemas de rociadores automáticos. Diseño , instalación y mantenimiento.
- NFPA 13 Standard for the installation of sprinklers

4.2.3 NORMATIVAN BOMBAS CONTRA INCENDIOS. ABASTECIMIENTO DE AGUA

- UNE 23.500 Sistemas de Abastecimiento de agua contra incendios
- NFPA 20 Installation of centrifugal pumps.

4.2.4 NORMATIVA AGUA PULVERIZADA

- UNE 23.501-1988 Sistemas fijos agua pulverizada. Generalidades.
- UNE 23.502-1986 Sistemas fijos agua pulverizada. Componentes.
- UNE 23.503-1989 Sistemas fijos agua pulverizada. Diseño e instalación.
- UNE 23.504-1986 Sistemas fijos de agua pulverizada. Ensayos de recepción.
- UNE 23.505-1986 Sistemas fijos de agua pulverizada. Ensayos periódicos y mantenimiento.
- UNE 23.506-1989 Sistemas fijos agua pulverizada. Planos y cálculos hidráulicos.
- UNE 23.507-1989 Sistemas fijos agua pulverizada. Detección automática.
- NFPA 15 Water spray fixed systems.

4.2.5 NORMATIVA EXTINCIÓN POR ESPUMA

- UNE 23.521 Sistemas de extinción por espuma física de baja expansión. Generalidades.
- UNE 23.522. Sistemas de extinción por espuma física de baja expansión. Sistemas fijos para protección de riesgos interiores.

- UNE 23.523-1984 Sistemas de extinción por espuma física de baja expansión. Tanques de almacenamiento de combustibles líquidos.
- UNE 23.524.1983 Sistemas de extinción por espuma física de baja expansión. sistemas fijos para protección de riesgos exteriores. Espuma pulverizada.
- UNE 23.525.1983 Sistemas de extinción por espuma física de baja expansión. Sistemas para protección de riesgos exteriores. Monitores lanza y torres de espuma.
- UNE 23.526-1984 Sistemas de extinción por espuma física de baja expansión. Recepción y mantenimiento.
- UNE 23.533-1983 Sistemas de extinción por espuma física de baja expansión. Riesgos interiores.
- UNE-EN 13565.1-2005 Sistemas fijos de lucha contra incendios. Sistemas espumantes. Parte 1: Requisitos y métodos de ensayo de los componentes.
- NFPA 11 Low Expansion foam.
- NFPA 11 A Medium and High expansion foam systems.

4.2.6 NORMATIVA DE HIDRANTES

- UNE-EN 14384-2006 Hidrantes de columna.

4.2.7 NORMATIVA BIE'S

- UNE-EN 671-1 Instalaciones fijas de extinción de incendios. Sistemas equipados con mangueras. Parte 1: Bocas de incendio equipadas con mangueras semirrígidas.
- UNE-EN 671-2 Instalaciones fijas de extinción de incendios. Sistemas equipados con mangueras. Parte 2: Bocas de incendio equipadas con mangueras planas.

4.2.8 NORMATIVA EXTINTORES PORTÁTILES

- Los UNE 23.110/1.1975. Lucha contra incendios. Extintores portátiles de incendios.
- UNE 23.110/1.1990. Lucha contra incendios.1ª Modificación Extintores portátiles de incendios. Parte 1. Designación, eficacia; hogares tipo para fuegos de clase A y B.
- UNE 23.110/2.1980. Extintores portátiles de incendios.
- UNE 23.110/3.1986. Extintores portátiles de incendios. Parte 3.
- UNE 23.110/4.1984. Extintores portátiles de incendios. Parte 4. Cargas y hogares mínimos exigibles.
- UNE 23.110/5.1985. Extintores portátiles de incendios. Parte 5. Especificaciones y ensayos complementarios.
- UNE 23.110/6. Extintores portátiles de incendios. Parte 6. Procedimiento para la evaluación de la conformidad de los extintores portátiles con la norma EN 3, partes 1 a 5.

4.2.9 NORMATIVA EXTINCIÓN POR POLVO QUÍMICO

- Los UNE EN-12416-1:2001 Sistemas fijos de lucha contra incendios. Sistemas de extinción por polvo. Parte 1: Especificaciones y métodos de ensayo para los componentes.
- UNE EN-12416-2:2001 Sistemas fijos de lucha contra incendios. Sistemas de extinción por polvo. Parte 2: Diseño, construcción y mantenimiento.

5. DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS

5.1 INTRODUCCIÓN

Para poder comprender los cálculos realizados, es necesario en primer lugar explicar cada uno de los sistemas utilizados en la protección contra incendios de la Planta de Regasificación de GNL. Estos sistemas son: agua pulverizada y sistema de espuma.

Este proyecto trata de calcular las necesidades hidráulicas y las bombas necesarias, por lo que hay equipos/complementos que no se han elegido ya que no es la base del proyecto.

5.2 AGUA PULVERIZADA

Son sistemas que usan el agua proyectada por toberas según patrones de descarga, tamaño de partículas, velocidad de las gotas y densidades predeterminadas para lograr el control de un incendio, su extinción, prevención o protección a la exposición.

5.2.1 FUNCIONAMIENTO

El riesgo o riesgos los tenemos protegidos mediante agua que la hacemos llegar desde el abastecimiento de agua y equipo de bombeo hasta las boquillas de descarga mediante una red de tuberías. El agua es retenida en la red gracias a la Válvula de Control del Sistema. La cual debe abrirse automáticamente gracias a la orden recibida por el Sistema de Detección.

Además cuando esta Válvula de Control se dispare o tenga problemas el sistema se debe dar la alarma. Después de la apertura de la Válvula de Control el agua fluye por toda la red de tuberías hasta que salga proyectada sobre el riesgo en forma pulverizada a través de las boquillas [9].

5.2.2 USOS

- Líquidos y gases inflamables (bombas y tuberías).
- Equipos eléctricos (transformadores, motores, cables).
- Combustibles ordinarios (papel, madera, textiles).
- Sólidos peligrosos (explosivos).

5.2.3 COMPONENTES

- **Toberas/boquillas/dispositivos de descarga:** existen tres tipos:
- Monitores. La boquilla del monitor genera ese efecto de descarga [9].
 - Mangueras de triple efecto. La boquilla de la manguera genera ese efecto de descarga, el cual lo utilizan los bomberos para acercarse a los incendios evitando el calor por Radiación [9].
 - Boquillas. Elementos de descarga que provocan una descarga fija de agua en forma pulverizada [9].

Se puede distinguir dos tipos de boquillas (ver figuras), cuyas características son:

1. Boquilla de alta velocidad: rompen el chorro internamente, producen gotas en su mayoría medianas, se usan principalmente para extinción, tienen un ángulo de pulverización pequeño (apertura del paraguas que forma el agua al salir) y tienen mayor alcance (ver figura 18) [10].

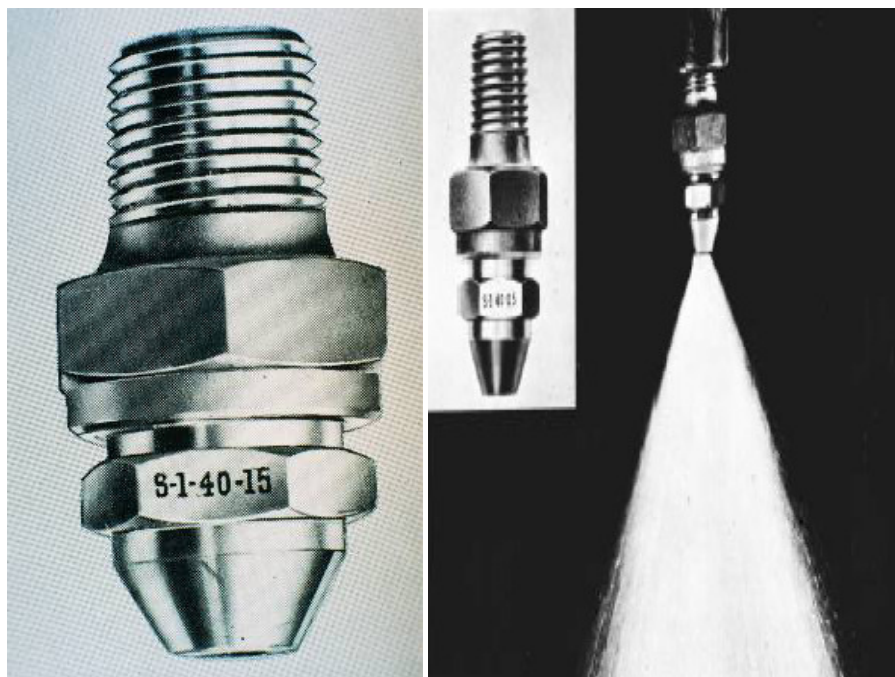


Figura 18. Boquilla de alta velocidad

2. Boquilla de baja velocidad: rompen el chorro externamente, producen gotas en su mayoría pequeñas, se usan principalmente para enfriamiento, tienen un ángulo de pulverización grande y un alcance relativamente limitado (ver figura 19) [10].

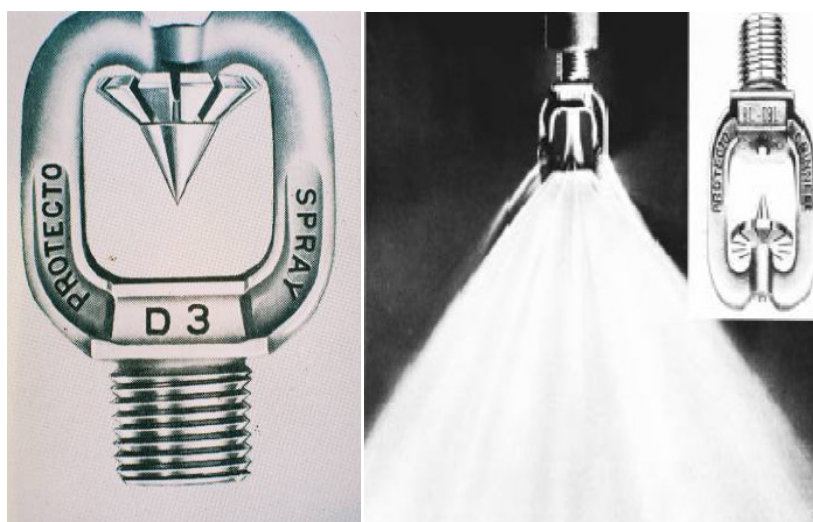


Figura 19. Boquilla de baja velocidad

➤ **Válvulas de control del sistema**

- Válvula de diluvio: de activación automática o manual, constan de manómetro, alarma, drenaje... Son axiales, de regulación hidráulica. Su principal ventaja es la reducción del golpe de ariete ya que la abertura de la válvula se realiza de una manera suave (ver figura 20) [10].



Figura 20. Válvula de diluvio

- De clapeta oscilante:
 1. De rearme interior.
 2. De rearme exterior.

La apertura del sistema depende de una clapeta y un trinquete que la mantiene cerrada.

Un gran inconveniente es que una vez abiertas, si el sistema sigue funcionando, la válvula no se puede cerrar automáticamente y es necesario cortar la línea mediante una válvula de corte y rearmar la válvula de clapeta. Además tienen problemas con el golpe de ariete en la instalación.

La clapeta permanece cerrada gracias a la presión del agua. Para poder abrirlas es necesario disminuir esa presión y para ello es necesario

desalojar el agua, lo cual se hará de distintas maneras, de ahí, sus distintos sistemas de activación (eléctrico, hidráulico, neumático y manual) [9].

➤ **Tuberías**

- Materiales según NFPA 15 [11]:
 - De acero galvanizado.
 - ASTM A53, A135, A795.
 - Con o sin costura.
 - GE GAP incluye API 5L.
- Materiales según la norma UNE 23-502-86 [12]
 - Tuberías de acero soldada y sin soldadura para uso general, galvanizadas y que soporten una presión mínima de trabajo alrededor de 12 bar.

➤ **Soporte y apoyos**

Son de materiales de acero o hierro, serán galvanizados cuando estén a la intemperie o adecuadamente recubiertos según las condiciones corrosivas del sitio [10].

➤ **Filtros**

Necesarios si el orificio de las boquillas es inferior a 3mm. Tienen la capacidad de remover partículas iguales o mayores de 1/8 pulgadas (3,2 mm). Trabajan en continuo. La figura 21 es un ejemplo de un filtro en tubería [10].



Figura 21. Filtro

- **Conexión de limpieza**
- **Sistema de detección de incendios, las alarmas**

En sistemas automáticamente controlados se requiere una alarma independiente del flujo de agua para indicar la operación del sistema de detección. Pueden ser detectores de incendio de distintos tipos: ópticos, de llamas, térmicos, termovelocimétricos, de gases inflamables, cables térmicos, haz de láser, etc. Conectados a una central eléctrica para recoger el estado y dar las órdenes a los sistemas de disparo de la válvula de control del sistema (ver figura 22). En zonas ATEX (atmósferas explosivas), necesitamos que los equipos sean antideflagrantes y la instalación deberá ser realizada para evitar explosiones o incendios, lo que implica un elevado coste de la instalación. Este sistema de detección está asociado a una electroválvula como sistema de disparo/accionamiento de la Válvula de Control del sistema [9].



Figura 22. Sistema de detección de incendio, alarma

5.2.4 EFECTOS

Para saber que efectos tiene el Agua Pulverizada hay que tener en cuenta:

1. El agua es capaz de absorber unos 650 kcal al transformarse en vapor 1 litro de agua que está alrededor de 20°C [9].
2. La forma en la que se proyecta el agua: cono o paraguas. Al ser pulverizada, la capacidad de evaporarse es mayor que si fuese proyectada a chorro, o con rociadores convencionales de modo control, etc. [9].

Refrigeración: Proyectando agua sobre ciertos equipos, elementos, etc, la temperatura a la que se están sometiendo en un incendio se disminuye considerablemente. Usado especialmente para proteger equipos (trafos, cintas transportadoras, etc), estructuras, tanque de almacenamiento de combustibles etc. [9].

Dilución de los vapores combustibles: Gracias a las finas gotas y al elevado calor generado, el agua se evapora rápidamente y se genera vapor en gran cantidad. El cual se mezcla con los vapores reduciendo la concentración de la mezcla comburente-vapor combustible. Este efecto se produce solamente en líquidos miscibles en agua [9].

Sofocación: El vapor de agua desplaza el aire y por lo tanto el oxígeno que sirve de comburente al incendio, y de esta manera se "controla el incendio". Este método NO es válido para materiales que puedan producir oxígeno en presencia de agua [9].

Enfriamiento: Al ser proyectada el agua sobre el incendio en sí mismo, gracias al evaporarse el agua esta absorbe calor del elemento combustible lo que provoca una reducción de los vapores combustibles generados. No apto este método para líquidos con un punto de inflamación menor de 60°C [9].

Emulsificación: Este efecto se produce cuando los vapores combustibles son decantados gracias al contacto de esos vapores con el agua pulverizada. Esto es usado solamente para líquidos no miscibles en agua [9].

5.2.5 APLICACIONES

Los sistemas de agua pulverizada se pueden usar para [10]:

- Enfriamiento.
- Sofocación (por acción de su vapor).
- Prevenir la rotura catastrófica de recipientes de proceso.
- Evitar el colapso de apoyos de equipos u otros elementos estructurales.

- Evitar daños a equipos como bombas, compresores, etc.

Los sistemas diseñados para extinción, control del fuego o protección contra exposición, pueden dispersar vapores o gases inflamables para prevenir incendios o explosiones.

Se aplica en mayor o menor medida para fuego de [13]:

- Clase A: Fuegos de materiales sólidos, principalmente de tipo orgánico. La combustión se realiza produciendo brasas. Madera, papel, cartón, tejidos...
- Clase B: Fuegos de líquidos o de sólidos que con calor pasan a estado líquido. Alquitrán, gasolina, aceites, grasas...
- Clase C: Fuegos de gases. Acetileno, butano, propano, gas ciudad...
- Para fuegos eléctricos (Guardando las distancias de seguridad).
- NO APTO para fuegos de Clase D (metales y productos químicos reactivos).

5.3 SISTEMA DE ESPUMA

La espuma es un agregado estable de pequeñas burbujas de pequeño tamaño con una densidad inferior a la del agua o el aceite. Se difunde sobre la superficie creando una manta que sella los vapores impidiendo su contacto con el aire. Resiste el ataque del viento, el calor y las llamas, permitiendo un sellado continuo en caso de rupturas de la manta de espuma [10].

La espuma está formada por tres componentes: agua, espumógeno y aire. El espumógeno es un producto concentrado tal y como se suministra por el fabricante. El agua se mezcla con el espumógeno en el proporcionador dando lugar al espumante, el cual se mezclará con aire en el mezclador formándose finalmente la espuma (ver figura 23).

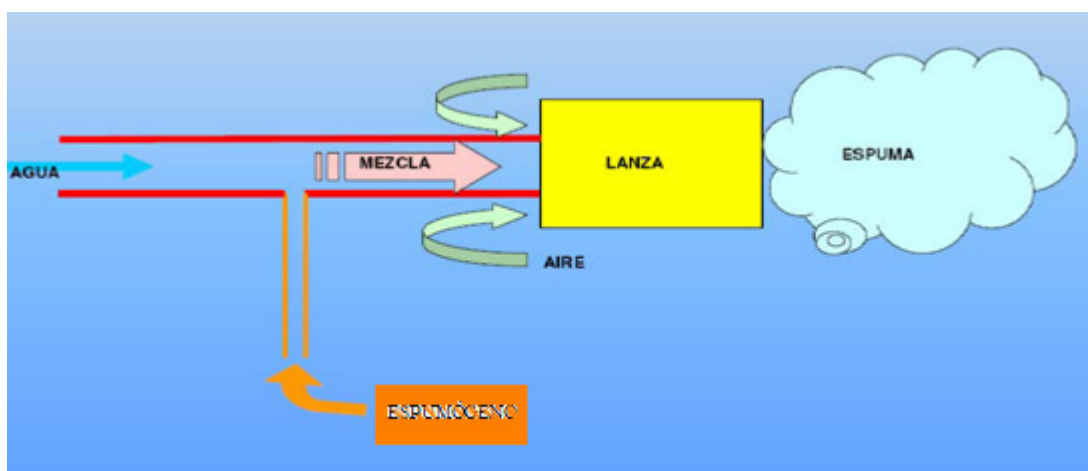


Figura 23. Esquema sobre la formación de la espuma

5.3.1 USOS

La espuma es utilizada como agente extintor contra incendios. Los productos combustibles para los que se utiliza son;

- Líquidos combustibles e inflamables.
- Sólidos.

Su uso más extendido es para líquidos combustibles e inflamables, no obstante gracias a su capacidad como agente extintor se utiliza cada vez más para fuegos de Clase A, prueba de ello es que cada vez más se ven extintores de espuma AFFF (espuma de base sintética formadora de película). Los sistemas de espuma se emplean de manera habitual en Productos Clase B. En los de la Clase D, NO se puede aplicar ya que en los fuegos de metales puede ser peligroso [10].

5.3.2 COMPONENTES

El sistema de espuma consta de:

- **Suministro de agua y espumígeno.**

- **Proporcionador:** equipo encargado de mezclar en las concentraciones deseadas el agua y el espumógeno, inyectando la cantidad adecuada de espumógeno.

Han de suministrar la cantidad precisa, ya que si el porcentaje es menor al de diseño disminuye el tiempo de drenaje, las burbujas rompen antes, menor resistencia al calor, puede no apagar el fuego...o, si por el contrario el porcentaje suministrado es mayor, la espuma es más rígida, mayor consumo de espumógeno, menor tiempo de reserva... [10]. Existen diversos tipos:

1. Premezcla [10]

Se almacenan en el mismo tanque cantidades predeterminadas de espumógeno y agua. La presión para la descarga puede ser:

- Tanque presurizado con un gas inerte.
- Bomba aspirando del tanque.

Solo se puede usar para instalaciones pequeñas, es el más sencillo.

Inconvenientes

- Limitado tamaño de las instalaciones.
- No sirve para todos los espumógenos.
- La duración de la mezcla en el tanque es desconocida.

2. Venturi [10]

El agua procedente de la red general de PCI, pasa a través del proporcionador (ver figura 24) imprimiéndole una mayor velocidad debido al efecto Venturi que se produce en el proporcionador. La aceleración del agua produce una depresión que a su vez se traduce en presión de aspiración para el líquido espumógeno.

El espumógeno que asciende por la línea de aspiración se mezcla con el agua procedente de la red en el mismo proporcionador, produciéndose de esta

forma la mezcla espumante que más tarde, con la adición de aire, se transforma en espuma (ver figura 25).

Las conexiones de estos proporcionadores a la línea de agua son mediante bridas DIN PN-10, o bien por bridas ANSI 150 lbs. La construcción es en bronce para el cuerpo y las válvulas, y el resto de accesorios son de acero.

El porcentaje de mezcla en este tipo de proporcionadores es de 3%, su presión de trabajo es recomendable que se encuentre entre 7 y 10 bar.

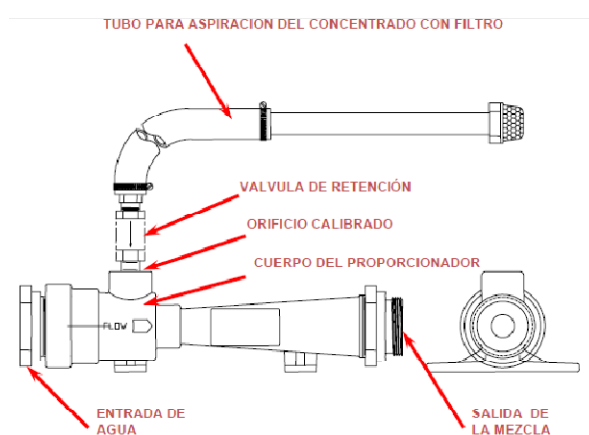


Figura 24. Proporcionador Venturi

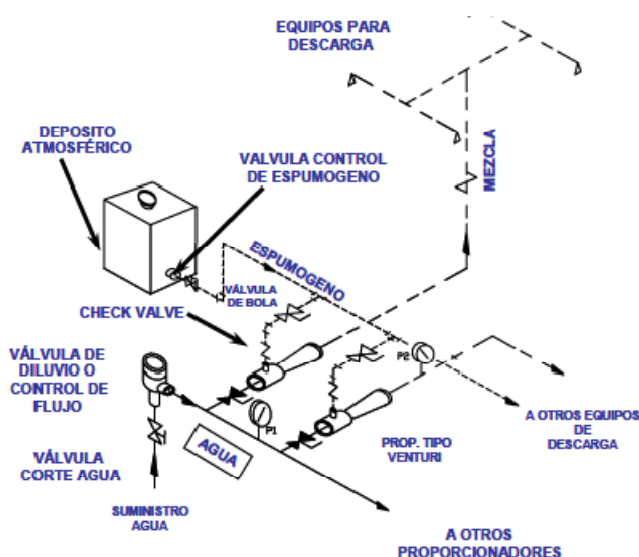


Figura 25. Esquema instalación tipo Venturi

3. In line [9]

Este proporcionador se usa cuando hay poca presión y existen pocos riesgos. A continuación se muestra el diagrama de la instalación (ver figura 26):

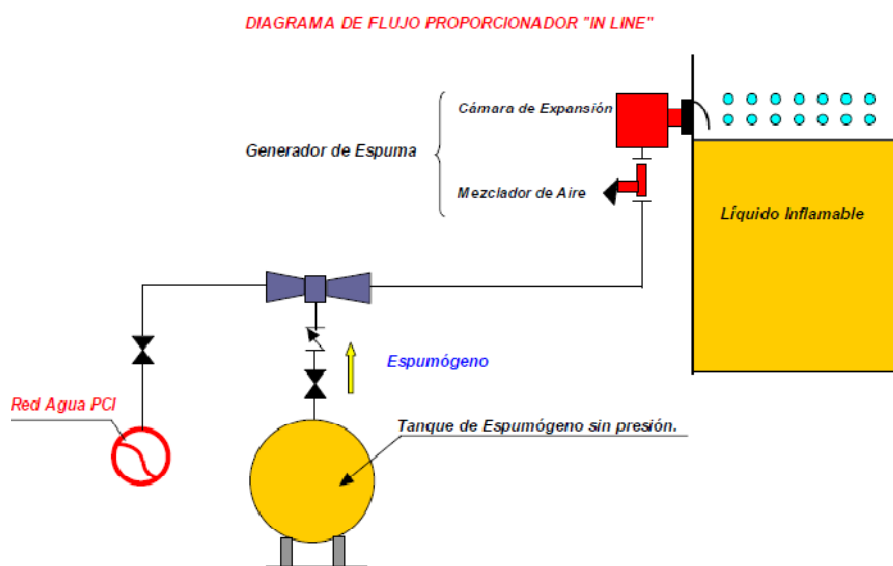


Figura 26. Diagrama de flujo utilizando proporcionador “in line”

4. Tanque a presión sin membrana [9]

Consiste en un depósito presurizado lleno de espumógeno sobre el que se sitúa un proporcionador.

El agua a presión pasa por el proporcionador realizando dos caminos (ver figura 27). Parte del agua entra en el depósito para mezclarse con el espumógeno que está en el depósito y la otra parte de agua atraviesa el proporcionador y por efecto Venturi extrae la mezcla del espumógeno y agua que en ese momento está en el depósito [10].

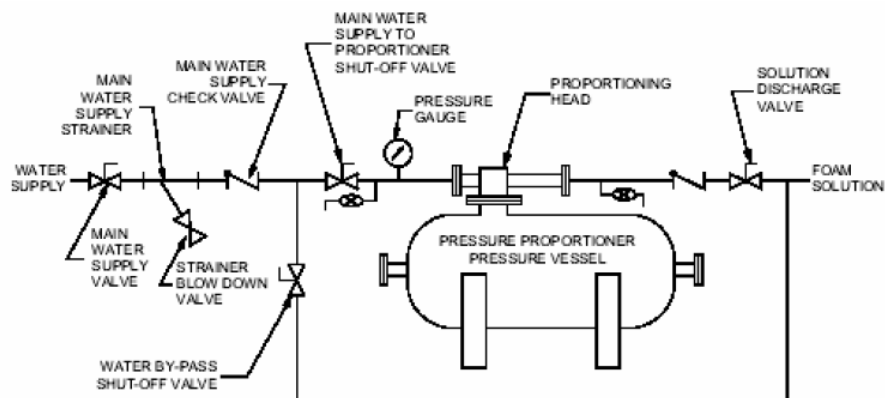


Figura 27. Tanque a presión sin membrana

5. Tanque de membrana [9]

Se trata de un sistema compuesto por un depósito el cual posee en su interior una membrana llena de espumógeno. Para completar el sistema tenemos un proporcionador.

El funcionamiento es el siguiente (ver figura 28), el agua a presión entra en el proporcionador y una parte se dirige al depósito donde el agua presiona a la membrana provocando la expulsión del espumógeno. La otra parte de agua atraviesa el proporcionador y por efecto Venturi absorbe el espumógeno que ha salido de la membrana [10].

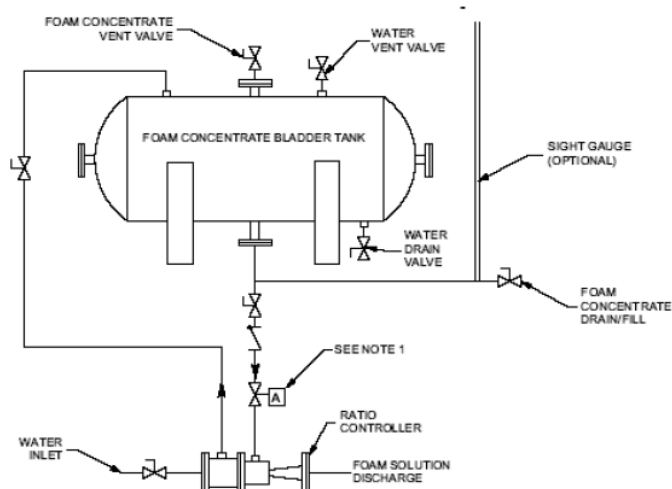


Figura 28. Tanque de membrana

6. Sistema de bombeo [9]

Este sistema es más complejo y está compuesto por los siguientes elementos:

- Depósito de espumógeno.
- Bombas para la impulsión del espumógeno.
- Controlador de las bombas.
- Proporcionador.
- Sondas de presión.
- Manómetros.
- Válvulas de by-pass.

Se hacen mediciones de presión tanto en la línea del suministro de agua como en la línea de suministro de espumógeno y en función de la demanda, suministra más o menos caudal de espumógeno y además el espumógeno sobrante el sistema lo devuelve al depósito (ver figura 29).

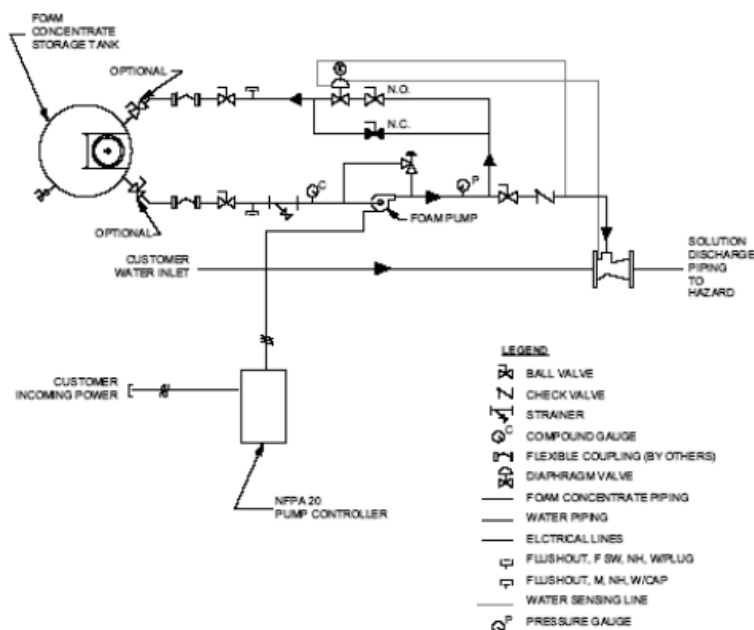


Figura 29. Diagrama de flujo del sistema de bombeo

- **Mezcladores de aire:** son los equipos que reciben la mezcla de agua más espumógeno desde el proporcionador y toman el aire necesario para aumentar el volumen de la mezcla (agua + espumógeno) [10].
 - **Sistema de distribución, aplicadores de espuma:** son equipos fijos para la aplicación de espuma expandida, existen diversos tipos[10]:
 - Cámaras de Espuma: su utilización es para tanques de almacenamiento de líquidos inflamables o combustibles. En concreto para tanques de techo fijo. El funcionamiento es el siguiente. La mezcla de agua y espumógeno pasa por tubería y al pasar por el orificio, por efecto Venturi, aspira aire que se mezcla con la mezcla anterior y al descargarse en la cámara al chocar con el deflector se genera la espuma, la cual lentamente se extiende por la superficie del líquido.
- La Cámara de Espuma (ver figura 30) posee un sello para impedir que los vapores de combustible retornen por las tuberías.



Figura 30. Cámaras de Espuma

- Vertedera de espuma: se compone de un trozo de tuberías con orificios por donde entra el aire por efecto Venturi al pasar la mezcla de agua y espumógeno (ver figura 31). La mezcla con aire continua su recorrido hasta descargar por la salida la cual tiene forma de 1/4 de circunferencia. El funcionamiento es similar a la de las Cámaras de Espuma. Se suele usar para descargar espuma para:
 - Tanques de almacenamiento de líquidos combustibles e inflamables (techo flotante).
 - Para los cubetos de los tanques de almacenamiento de líquidos combustibles e inflamables.



Figura 31. Vertedera de Espuma

- Generadores de Espuma: Cuando necesitamos una gran cantidad de espuma, de Espuma de media expansión y de alta expansión (ver figura 32). El generador debe tener la capacidad suficiente para producir espuma a la velocidad máxima especificada por el fabricante [14].

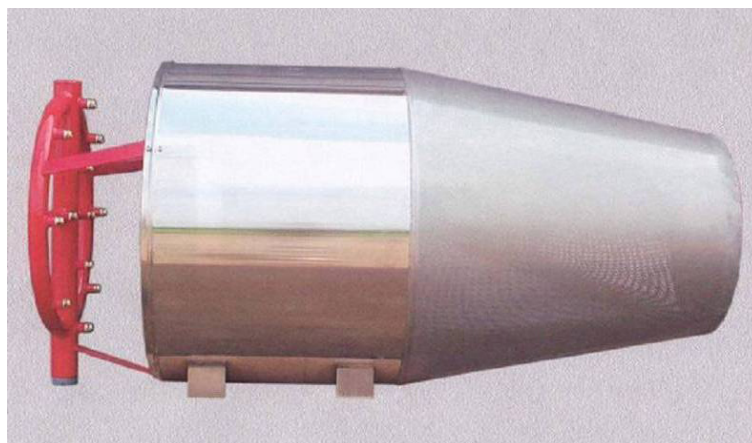


Figura 32. Generador de espuma de alta expansión

Suelen colocarse en los techos de los hangares (ver figura 33):



Figura 33. Inundación de hangares con generador de espuma de alta expansión

- Monitores de espuma : existen cuatro tipos:
 - Manuales: Es necesario una persona para utilizarlo (ver figura 34).



Figura 34. Monitor manual

- Oscilante: Gracias a la fuerza del agua el monitor gira descargando agua o agua-espuma al riesgo sin necesidad de una persona para su accionamiento (ver figura 35). El movimiento es previsible, es decir,

si el incendio se extendiese no se podría dirigir el ataque si sale fuera del chorro de ataque del monitor.

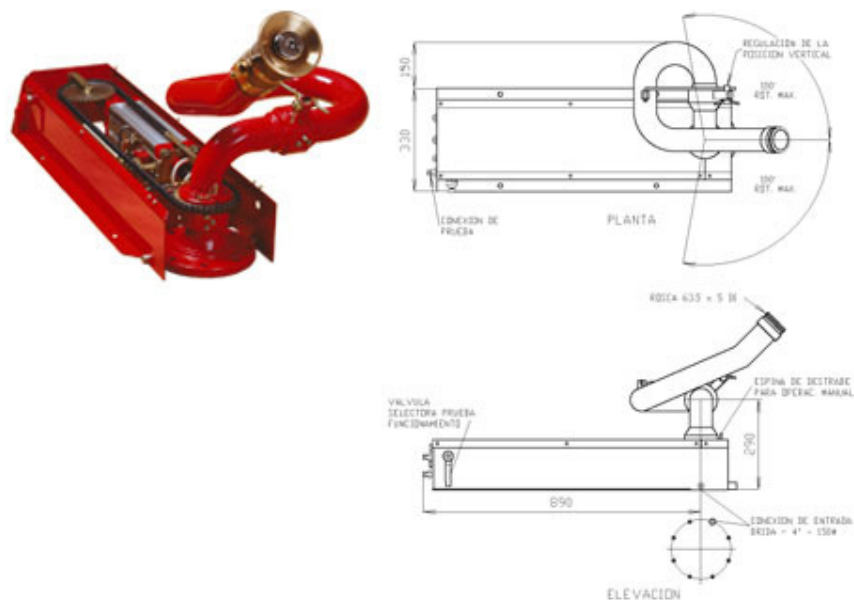


Figura 35. Monitor oscilante

- Eléctrico: Gracias a la acción de motores eléctricos, el monitor puede atacar el incendio de manera remota (ver figura 36).



Figura 36. Monitor eléctrico

- Hidráulico: Gracias a la acción de aceite a presión, el monitor puede atacar el incendio de manera remota (ver figura 37).



Figura 37. Monitor hidráulico

- Pulverizadores de espuma: podemos encontrarnos rociadores y boquillas destinadas para la descarga de espuma.

Los podemos encontrar de 2 tipos:

- Con aspiración de aire (efecto Venturi, ver figura 38).
- Sin aspiración de aire (ver figura 39).

Si lo que quieres es crear una película acuosa, no es tan necesaria esa aspiración de aire, pero si por el contrario se quiere crear una capa de espuma, se necesitarían boquillas y rociadores con aspiración de aire. En la siguiente figura se puede ver un ejemplo de cada una de ellas.

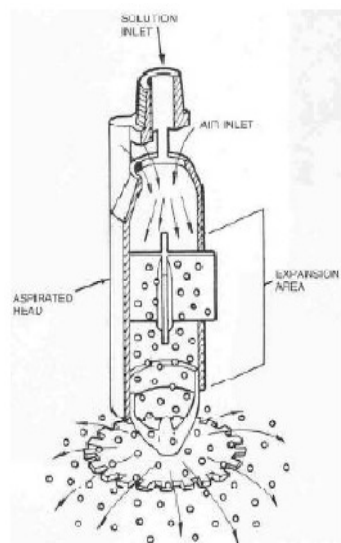


Figura 38. Pulverizador con aireación

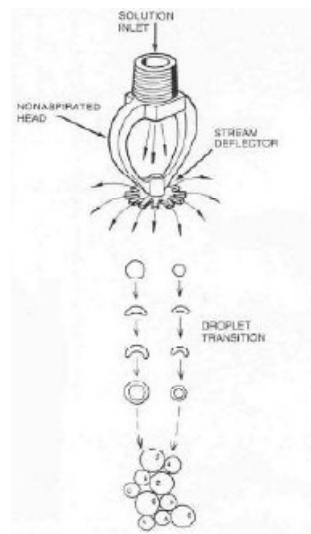


Figura 39. Pulverizador sin aireación

- Boquillas auto-aspirantes: Su funcionamiento es similar a los proporcionadores de efecto Venturi. Pero el proporcionador es parte de la boquilla de descarga. Estas boquillas se instalan en monitores (ver figura 40).

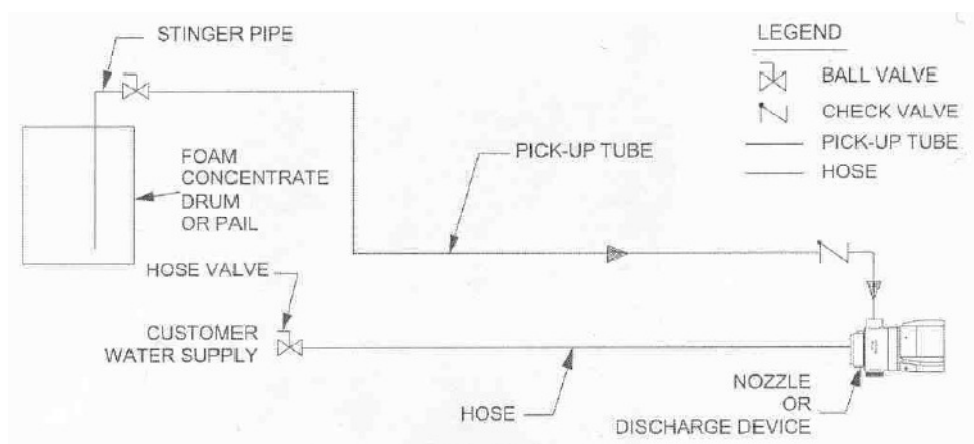


Figura 40. Boquilla auto-aspirante

5.3.3 TIPOS DE ESPUMÓGENO

Químicos: fueron los primeros, se basaban en reacciones químicas de productos como sulfato de aluminio o bicarbonato sódico. Ya no se usan [10].

Mecánicos: mezcla de agentes con agua. La espuma se produce por aireación y agitación de la mezcla. Existen dos tipos de espumógenos mecánicos [10]:

- Espumógenos de base proteínica: su uso principal es para fuegos de Hidrocarburos.

Principales ventajas:

- Barato.
- Capa de espuma homogénea y estable.
- Capa de espuma resistente al calor.

Principales inconvenientes:

- Es incompatible con el agente extintor, Polvo Químico Seco.
 - Es incompatible con Disolventes Polares.
 - Es incompatible con tanques de acero inoxidable o de aluminio.
 - Es incompatible con tuberías de acero galvanizado.
- Espumógenos de base sintética: su gran utilidad se base en que es compatible con casi todos los líquidos combustibles e inflamables, excepto los disolventes polares, no obstante, el sellado es menor que para los Espumógenos de Base Proteínica.

5.3.4 COEFICIENTE DE EXPANSIÓN

Se denomina coeficiente de expansión a la relación entre el volumen final de la espuma y el inicial de la mezcla antes de añadir el aire [15]:

$$C_E = \frac{\text{Volumen recipiente}}{\text{Masa de lleno} - \text{Masa vacío}}$$

Según el valor de C_E , NFPA 11 clasifica la espuma en:

- Baja expansión: $C_E < 20$
- Media expansión: $20 < C_E < 200$
- Alta expansión: $C_E > 200$

5.3.5 EFECTOS

Refrigeración: el agua contenida en la espuma absorbe calor del combustible y de las paredes del recipiente (ver figura 41) [10].

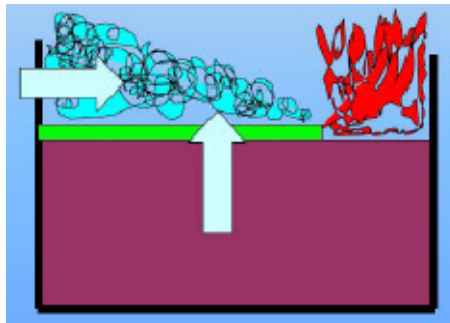


Figura 41. Efecto de refrigeración

A continuación se puede ver que la espuma al tener una menor tensión superficial que el agua es capaz de cubrir un mayor área para su refrigeración (ver figura 42).

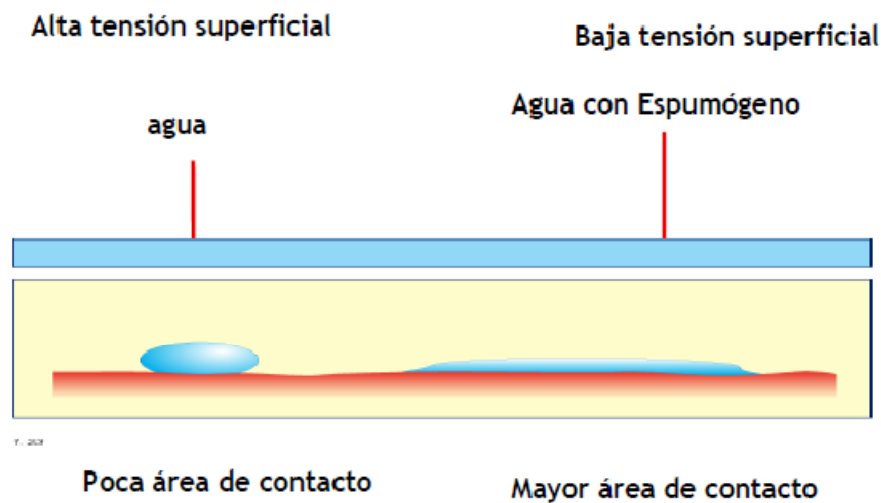


Figura 42. Efecto refrigerante

Extintor de las espumas: trabaja como:

- Sofocación: la espuma impide el contacto con el oxígeno del aire con la superficie de evaporación del líquido inflamado (ver figura 43) [10].

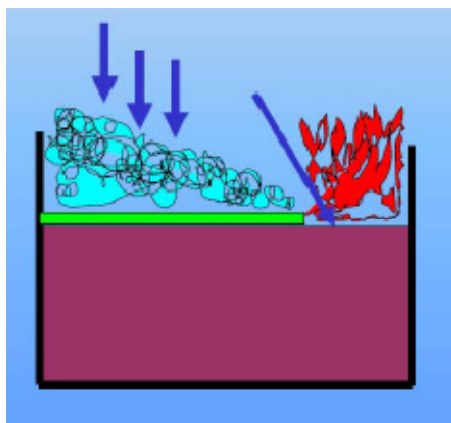


Figura 43. Efecto de sofocación

- Inanición: impidiendo que los vapores inflamables sean liberados al sellar la superficie del equipo (ver figura 44) [10].

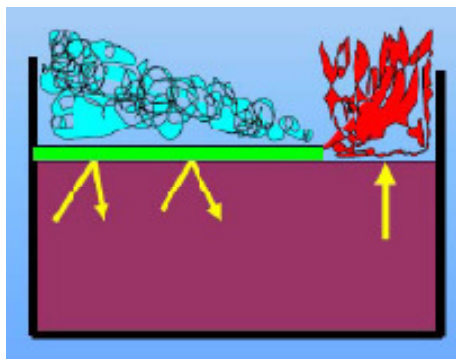


Figura 44. Efecto de inanición

5.3.6 NECESIDAD DE DESCARGA

El cálculo del caudal de descarga necesario para proteger un equipo/recinto mediante un Sistema de Espuma de Alta Expansión según los criterios de diseño según la NFPA-11 es [15]:

$$R = \left(\frac{V}{T} + R_s \right) \cdot C_n \cdot C_s$$

Siendo:

$R \equiv$ caudal de espuma expandida [m^3/min]

$V \equiv$ volumen a inundar [m^3]

$T \equiv$ tiempo de inundación [min]

$R_s \equiv$ caudal de espuma rota por spk [m^3/min]

$C_n \equiv$ compensación por rotura normal de la espuma (su valor normal es 1,15)

$C_s \equiv$ compensación por pérdidas (no puede ser menor de 1, si no hay accesorios: 1)

6. ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO

6.1 INTRODUCCIÓN

Como ya se ha mencionado, este proyecto se realiza en una Planta de Regasificación de GNL “tipo”, por lo que se van a utilizar las especificaciones que usualmente son exigidas por este tipo de instalaciones, se muestran a continuación.

6.2 ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO

6.2.1 GENERALES

- Los puestos de control/diluvio se situarán como mínimo a 30 m del riesgo. En caso de que esto no fuera posible se protegerá con una pantalla resistente a las radiaciones y en cualquier caso los disparadores locales estarán accesibles fuera de la zona de riesgo.
- Se recomienda limitar la velocidad a un máximo de 6 m/s . El valor normal debería estar comprendido entre 3 y 4 m/s.
- El % de gradiente hidráulico se refiere al % de sobrediseño sobre el caudal teórico, como consecuencia de la diferencia de presión en el punto de consumo con respecto a la presión teórica. Se recomienda utilizar, en general, un 10% para nuevas instalaciones.
- Como valores aproximados de presión, para una primera estimación, serán del orden de 2.5 bar para los rociadores, 5 bar para las cortinas y 7 bar para las torres monitoras. Estos valores deberán ser confirmados, en cada caso, por el instalador del sistema contra incendios.

La asignación de las válvulas de diluvio depende de:

- Para un mismo equipo/elemento, se independizarán los sistemas de agua pulverizada del de las cortinas.

- En los tanques de almacenamiento se preverá válvulas de diluvio independientes para: la cúpula, el rack ascendente de tuberías y la plataforma inferior.
- Para la refrigeración de la cúpula de los tanques se preverán dos válvulas de diluvio (una redundante de la otra), que se ubicarán en lados opuestos del tanque.

6.2.2 ROCIADORES

- La presión mínima necesaria será de 2,5 bar en la boquilla más desfavorable.
- Será necesario aportar los siguientes datos: tipo de boquilla, factor K y ángulo de descarga.

6.2.3 CORTINAS DE AGUA/HYDRO-SHIELDS

- La presión mínima necesaria será de 5,5 bar en la boquilla más desfavorable.
- El disparo de las cortinas se podrá activar normalmente mediante detectores de gas y llama de la propia zona y por detectores de llama de las zonas adyacentes.
- El tipo de boquilla será Hydro-shields de 1½”.
- Densidad de diseño 70 l/min·m.
- El caudal y tipo de boquilla se elegirá de modo que la pared de agua que se forme tenga al menos 5 metros de altura en el punto de intersección con la pantalla adyacente.
- Distancia máxima entre hydro-shields de 8 metros.

6.2.4 EN LA RED DE AGUA CONTRA INCENDIOS

- La red de agua c.i. tendrá forma de malla.
- Dispondrá de válvulas de seccionamiento situadas a lo largo del anillo e identificadas para su cierre en caso de rotura de la instalación o anulación de tramos de consumo. Los criterios para suspender el servicio en la red lo mínimo posible son:

1. No quedará fuera de servicio más de 100 m de tubería en la que acometan hidrantes, monitores...debido a cortes de línea por mantenimiento de la red de agua contra incendios.
2. No quedarán fuera de servicio más de 8 sistemas de protección con agua debido a cortes de línea por mantenimiento de la red de agua contra incendios.
3. En cualquier situación deberán poder seguir en servicio al menos dos lados adyacentes en las unidades de proceso, balsas de recogida de derrames de GNL...
4. Siempre que se pueda el trazado de la red contra incendios deberá seguir el de las calles paralelo a ellas y fuera de las mismas. La red irá enterrada siempre que se pueda para evitar daños mecánicos, corrosión y heladas. La profundidad del enterramiento será 1 m. Los cruces de calles se protegerán mediante recubrimiento de hormigón.
5. Las válvulas de seccionamiento de la red enterrada tendrán vástago prolongador e indicador de posición y estarán contenidas en una arqueta.
6. Dimensionado de la red: Para determinar la demanda de agua se seleccionará el sector más desfavorable, aquel en el que sea mayor la suma de los caudales unitarios de todos los sistemas fijos implicados en dicho sector con las condiciones de densidades y presiones necesarios. A este caudal se le sumarán los 360 m³/h necesarios para medios manuales.
7. El diámetro mínimo en el anillo c.i. será de 200 mm. La presión manométrica mínima del sistema será de 8 bar en cualquier punto de la red. La presión máxima de operación será de 12 bar y la de diseño 13 bar. La temperatura de diseño será de 60 °C. La red de agua contra incendios estará presurizada con agua dulce aunque para la extinción se utilizará agua de mar. Después del uso con agua salada el sistema se vaciará mediante válvulas de drenaje de 4"conectadas a arquetas de pluviales y posteriormente se volverá a presurizar con agua dulce. El depósito de agua dulce tendrá capacidad suficiente para llenar el sistema y realizar un lavado

del mismo tras el uso de agua de mar; también deberá tener capacidad suficiente para realizar pruebas en sistemas y entrenamiento del personal.

6.2.5 BOMBA DE AGUA CONTRA INCENDIOS

- En la captación de agua de mar se instalará el equipo de bombeo de agua contra incendios estará formado por 3 bombas del 50% del caudal necesario siendo dos de motor Diesel y una eléctrica. Las bombas principales cumplirán la norma UNE 23500.
- Se instalarán una bomba jockey principal y otra de reserva, ambas con agua dulce, eléctricas para mantener la presión del sistema a 8 bar. En el momento en que caiga la presión, por la activación de un sistema, arrancará la bomba jockey para reponer dicha presión. Si la presión no se recuperara arrancará la bomba eléctrica principal cuyo presostato está tarado por debajo del de la Jockey. Si por cualquier circunstancia con esta bomba eléctrica no fuera suficiente para reponer la presión, esta seguirá bajando y se producirá el arranque a través de su presostato de control.
- Las bombas jockey aspirarán del depósito de agua industrial y podrán suministrar un caudal y presión tal que permita realizar las pruebas periódicas en sistemas contra incendios, sin tener que utilizar agua de mar. Un caudal adecuado puede estar entorno a 150 m³/h.

6.2.6 ANÁLISIS DE RIESGO DE INCENDIO

La determinación del caudal de agua del sistema contra incendios, se hará en base a la siguiente metodología:

➤ **Protección de equipos/elementos**

Se ha de definir el grado de protección individual de cada equipo/elemento, de acuerdo con los requerimientos.

Para ello se definirán los siguientes puntos:

- Equipo/elemento a proteger.
- Sustancia.
- Área del SSA (sistema de seguridad activa).
- Sistema de protección.
- Zonas a proteger.
- Densidad de diseño del agua para protección contra incendios.
- Dimensiones del área a proteger: superficie, en caso de refrigeración, o longitud, en caso de cortinas.
- Caudal de agua: teórico, % gradiente hidráulico y requerido

➤ **Determinación de casos de incendio.**

Se han de definir los diferentes casos de incendio, en base al lay-out y a los riesgos de incendio específicos de cada una de las zonas en las que se sectorizará la Planta.

A continuación se definen algunos criterios generales para establecer los diferentes casos de incendio. Se ha de diferenciar entre criterios para zonas de Proceso y las de Servicios Críticos de Planta.

➤ **Proceso:**

Se deberán considerar como zonas de riesgo de incendio en zonas de Proceso:

- Las que incluyan equipos que contengan productos inflamables (GN, GNL, THT, etc.).
- Plataformas de válvulas automáticas en rack de interconexiones.
- Subestaciones eléctricas.
- Edificios próximos a las zonas de proceso (oficinas, almacenes, sala de control, casetas del SSA, etc.).

➤ **Servicios críticos:**

Como servicios críticos de planta se considerarán los siguientes:

- Bombas contra incendios.
- Aire de instrumentos.

Para los servicios críticos se preverá cortina perimetral que se activará:

- En caso de incendio en zona adyacentes con una distancia inferior a 30 m.

➤ **Criterios de sectorización de zonas de incendio**

Se diferenciará entre zonas comunes y aisladas. Las zonas comunes son las zonas donde no hay separación física entre los diferentes elementos (por ejemplo una calle).

Como criterios generales de agrupación de los equipos/elementos de cara a sectorizar la Planta para estudiar los diferentes casos de incendios se considerará:

- Todos los equipos localizados dentro de una zona común.
- Adicionalmente, se incluirán otros equipos en zonas aisladas que estén situados a una distancia inferior a 30 m. Esta distancia se podrá reducir a 10 m, siempre que se prevean cortinas de aislamiento.

Como criterios de agrupación específicos, en las siguientes áreas, se considerará:

- Tanques de almacenamiento: Se considerarán un solo caso de incendio.
- Zona de cisternas: Al ser una zona muy compacta, se considerará como un único caso de incendio.
- Pantalán: se considerará como un único caso de incendio.

6.3 NECESIDADES HIDRÁULICAS

Las necesidades hidráulicas de cada uno de los equipos de la Planta a proteger son:

| EQUIPO | SUSTANCIA IMPLICADA | SISTEMA PROTECCIÓN | ZONA(S) A PROTEGER | DENSIDAD |
|--|---------------------|--------------------------|---|---------------------------|
| Bombas secundarias | GNL | Agua pulverizada | Bombas secundarias | 20,4 l/min·m ² |
| | | Cortinas de agua | Alrededor de las bombas secundarias | 70 l/min·m |
| Compresores de BOG | GN | Agua pulverizada | Techo y fachadas | 10,2 l/min·m ² |
| | | Cortinas de agua | Alrededor de los compresores | 70 l/min·m |
| Tanque de almacenamiento (incluye bombas primarias) | GNL | Agua pulverizada | Plataforma bombas primarias | 20,4 l/min·m ² |
| | | | Otras plataformas | 10,2 l/min·m ² |
| | | | Tuberías y bandejas | 8 l/min·m ² |
| | | | Plataformas de válvulas de corte en estructura rack interconexión | 10,2 l/min·m ² |
| | | Cortinas de agua | Plataformas de válvulas de corte en estructura rack interconexión a pie de tanque | 70 l/min·m |
| Balsa de recogida de derrames y canales de derrame | GNL | Espuma de alta expansión | Toda el área de la balsa | 6,5 l/min·m ² |
| Vaporizadores de combustión sumergida | GNL/GN | Agua pulverizada | Plataforma manifold de válvulas y zona alta de | 20,4 l/min·m ² |

| | | | | |
|---|-------------------------------|--------------------------|---|---------------------------|
| | | | mecheros | |
| | | Cortinas de agua | Alrededor del vaporizador | 70 l/min·m |
| Vaporizadores de agua de mar | GNL/GN | Agua pulverizada | Plataforma manifold de válvulas y bridas de entrada GNL y salida GN | 20,4 l/min·m ² |
| | | Cortinas de agua | Alrededor del vaporizador | 70 l/min·m |
| Plataforma de brazos de descarga (Jetty) | GNL/GN | Agua pulverizada | Plataforma de válvulas del atraque | 20,4 l/min·m ² |
| | | | KO drum | 10,2 l/min·m ² |
| | | Cortinas de agua | Separando el pantalán y el barco | 70 l/min·m |
| Relicudador | GNL/GN | Agua pulverizada | Estructura y equipo | 10,2 l/min·m ² |
| Separador gas de boíl/off | GNL/GN | Agua pulverizada | Estructura y equipo | 10,2 l/min·m ² |
| KO drum de antorcha | GNL/GN | Agua pulverizada | Estructura y equipo | 10,2 l/min·m ² |
| Cargadero de camiones cisterna | GNL/GN | Agua pulverizada | Tuberías y zona de carga de camiones | 20,4 l/min·m ² |
| | | Cortinas de agua | Alrededor de las estaciones de carga | 70 l/min·m |
| Estación de medida | GN | Agua pulverizada | Líneas de medida y valvulería | 10,2 l/min·m ² |
| Almacenamiento THT | THT | Espuma de alta expansión | Depósito y cubeto | 6,5 l/min·m ² |
| Transformadores | Aceite / circuitos eléctricos | Agua pulverizada | Superficies exteriores, laterales y depósito de aceite | 10,2 l/min·m ² |
| Edificio auxiliar | GN, GNL, THT, gasóleo | Agua pulverizada | Fachadas y cubierta que podrían recibir radiación de | 5 l/min·m ² |

| | | | | |
|---|-----------------------|------------------|---|---------------------------|
| | | | un incendio cercano | |
| Subestación eléctrica | GN, GNL, THT, gasóleo | Agua pulverizada | Fachadas y cubierta | 5 l/min·m ² |
| Sala de control | GN, GNL, THT, gasóleo | Agua pulverizada | Fachadas y cubierta | 5 l/min·m ² |
| Sala de racks | GN, GNL, THT, gasóleo | Agua pulverizada | Fachadas y cubierta | 5 l/min·m ² |
| Compresores de instrumentos | GN | Cortinas de agua | Alrededor de los compresores en sus 4 lados | 70 l/min·m |
| Válvulas automáticas en zona racks | GNL/GN | Agua pulverizada | Plataformas de válvulas automáticas | 10,2 l/min·m ² |
| | | Cortinas de agua | Alrededor de las plataformas | 70 l/min·m |

Tabla 1. Necesidades hidráulicas de los equipos de la Planta

6.4 DETECCIÓN EN EQUIPOS Y SISTEMAS

| EQUIPO | SUSTANCIA IMPLICADA | SISTEMA PROTECCIÓN | ZONA(S) A PROTEGER OBSERVACIONES. |
|---------------------------------------|---------------------|--|---|
| Bombas secundarias | GNL | Detectores de gas | En la plataforma de las válvulas y en la cercanía de las bombas secundarias |
| | | Detectores de llama | En la plataforma de las válvulas y en la cercanía de las bombas secundarias |
| | | Extinción con Polvo químico seco | Sistema fijo con boquillas dirigidas a puntos de fuga (bridas ...) |
| | | Ignifugado | Soportes de tuberías y válvulas mínimo R 90 |
| Compresores de BOG (86oíl off) | GN | Detectores de gas | Dentro del shelter en la plataforma del compresor |
| | | Detectores de llama | Dentro del shelter en la plataforma del compresor |
| | | Sistemas fijos de extinción con polvo químico seco | Compresores y tuberías asociadas |

| | | | |
|--|--------|---|--|
| | | Sistemas portátiles de extinción con polvo químico seco | Extintores portátiles |
| | | Ignifugado | Faldón o soportes K.O. drum del compresor. |
| Tanque de almacenamiento (incluye bombas primarias) | GNL | Sistemas fijos de extinción con polvo químico seco | Para la descarga de las válvulas de seguridad atmosféricas en el techo |
| | | Ignifugado | Soportes de tuberías y bandejas de cables , mínimo EF 90. Pipe rack línea de llenado al tanque R 90 mínimo |
| | | Detectores de gas | En el perímetro de los tanques de almacenamiento. Plataformas de instrumentos PSVs del tanque plataformas de válvulas de corte a pie de tanque. |
| | | Detectores de llama | Plataformas de instrumentos PSVs del tanque plataformas de válvulas de corte a pie de tanque. |
| | | Detectores de gas | En la plataforma de las bombas primarias |
| | | Detectores de llama | En la plataforma de las bombas primarias |
| | | Detectores de frío | Sobre la cúpula del tanque, en la zona bajo las bombas primarias |
| | | Ignifugado | Plataforma bombas primarias mínimo R 90 |
| Balsa de recogida de derrames y canales de derrame | GNL | Detectores de frío | En la balsas de recogida y en los canales de derrames |
| | | Detectores de llama | En la balsas de recogida y en los canales de derrames |
| | | Sistemas fijos de extinción con polvo químico seco | Para extinción en caso de incendio del GNL. Disparo por la detección de llama y preferiblemente manual. |
| Vaporizadores de combustión sumergida | GNL/GN | Detectores de gas | En la plataforma de las válvulas |
| | | Detectores de llama | En la plataforma de las |

| | | | |
|---|--------|---|--|
| | | | válvulas |
| | | Sistemas portátiles de extinción con polvo químico seco | En las cercanías del vaporizador |
| Vaporizadores de agua de mar | GNL/GN | Detectores de gas | En plataforma de válvulas y en las cercanías de la brida de entrada de GNL |
| | | Detectores de llama | En plataforma de válvulas y en las cercanías de la brida de entrada de GNL |
| | | Sistemas portátiles de extinción con polvo químico seco | En las cercanías del vaporizador |
| Plataforma de brazos de descarga (Jetty) | GNL/GN | Detectores de gas | En la zona de descarga de GNL (embarcadero y frente de ataque, jetty), en el recorrido de las tuberías y en la plataforma de válvulas. |
| | | Detectores de llama | En la zona de descarga de GNL (embarcadero y frente de ataque, jetty), en el recorrido de las tuberías y en la plataforma de válvulas. En la zona alta de los brazos de los brazos de descarga y dirigidos hacia el manifold del buque. |
| | | Sistema de seguridad | Se realizará una conexión entre el sistema contra incendios de la planta y el embarcadero que cumpla las condiciones “ship to shore”. Sistema de parada de emergencia a control remoto en las bombas de carga de buques. Válvulas de corte de emergencia a control remoto en las líneas a/y desde el Terminal. |
| | | Sistemas fijos de extinción con polvo químico seco | Sistemas fijos de polvo químico seco con mangueras manejables a |

| | | | |
|--|-------------------------------|---|---|
| | | | mano para cubrir el área que queda por debajo de los brazos de descarga de GNL. |
| | | Sistemas portátiles de extinción con polvo químico seco | En zonas de carga y descarga del embarcadero. |
| | | Ignifugado | Plataforma del Jetty; Soportes de los brazos de carga; Soportes depósito Jetty; Soportes torre y plataforma monitores. Mínimo R 90. |
| Relicudador | GNL/GN | Detectores de llama | En las cercanías de las bridas |
| | | Detectores de gas | En las cercanías de las bridas |
| | | Ignifugado | Faldón, soportes del relicudador. Mínimo R 90 |
| Separador gas de boil/off | GNL/GN | Detectores de llama | En las cercanías de las bridas |
| | | Detectores de gas | En las cercanías de las bridas |
| KO drum de antorcha | GNL/GN | Ignifugado | Soporte K.O. Mínimo R 90 |
| Cargadero de camiones cisterna | GNL/GN | Detectores de llama | En las cercanías de la zona de carga. |
| | | Detectores de gas | En las cercanías de la zona de carga. |
| | | Sistemas portátiles de extinción con polvo químico seco | En las cercanías de la zona de carga. |
| Estación de Regulación y medida ERM | GN | Detectores de llama | Cercanías de las líneas de medida |
| | | Detectores de gas | Cercanías de las líneas de medida |
| | | Extintores portátiles | Tipo P-6 y P-50 en el interior y exterior de la ERM |
| Almacenamiento THT | THT | Detectores de llama | En las cercanías del almacenamiento |
| Transformadores | Aceite / circuitos eléctricos | Detección incendios | Línea de detectores térmicos con sobre placa de captación/conservación de calor |
| | | Extintores portátiles | Extintores de CO ₂ |

| | | | |
|---------------------------------|-----------------------|---|---|
| | | Protección Pasiva | Los trafos estarán al exterior, con muros cortafuegos entre ellos, hasta la altura máxima de los equipos. Mínimo R 120 |
| Edificios auxiliares | GN, GNL, THT, gasóleo | Detectores de gas | Situados en la aspiración de los sistemas de aire acondicionado |
| | | Detectores de humos ópticos | En falsos techos y falsos suelos de salas interiores. |
| | | Detectores de calor termovelocimétricos | En zona de vehículos y áreas de cocinas. |
| Subestaciones eléctricas | GN, GNL, THT, gasóleo | Detectores de gas | Situados en la aspiración de los sistemas de aire acondicionado |
| | | Detectores de humos ópticos | En ambiente (interior), falso suelo y sótanos de cables |
| | | Detectores de humo con sistemas de aspiración | En cuadros y equipos eléctricos con detección individualizada por aspiración tipo VESDA |
| | | Sistema de extinción por gases respirables | Extinción localizado en armarios eléctricos y de control y los fusibles de baja tensión. Sistemas de extinción agente extintor gaseoso respirable de inundación total para el falso suelo registrable y sótanos de cables. |
| | | Extintores portátiles | Extintores de CO ₂ , fuegos clase A y C |
| Sala de control | GN, GNL, THT, gasóleo | Detectores de humos ópticos | En falso suelo y conducciones de cables. |
| | | Detectores de gas | Situados en la aspiración de los sistemas de aire acondicionado y en conductos. |
| | | Sistema de extinción por gas respirable | Sistemas de extinción agente extintor gaseoso respirable en falso suelo y falso techo (inundación total). |
| | | Extintores portátiles | Extintores de CO ₂ y polvo |

| | | | |
|---|--------------------------|---|---|
| | | | distribuidos |
| Sala de racks | GN, GNL, THT, gasóleo | Detectores de gas | Situados en la aspiración de los sistemas de aire acondicionado |
| | | Detectores de humos ópticos | En ambiente de sala de racks, falso suelo y sótano de cables. |
| | | Sistema de extinción por gas respirable | Extinción en cuadros de control. Inundación total en falso suelo registrable y sótanos de cables. |
| | | Extintores portátiles | Extintores de CO ₂ fuegos clase A y C |
| Motores Diesel | GN | Detección de gas | En captación de aire |
| Compresores de aire | GN | Detección de gas | En captación de aire |
| Válvulas automáticas en zona racks | GNL/GN | Ignifugado | Mínimo I 90 |
| Tubería | GN / GNL | Detectores de gas | En las cercanías de las uniones con bridas con riesgo de fuga (grandes diámetros y/o grandes presiones). |

Tabla 2. Sistemas de detección en equipos

7. TUBERÍAS Y SOPORTES

7.1 INTRODUCCIÓN

A continuación se detallarán las tuberías que se van a utilizar en el cálculo de las necesidades hidráulicas.

7.2 TUBERÍA DE FUNDICIÓN DÚCTIL

7.2.1 NORMATIVA

La tubería de fundición dúctil cumple las especificaciones establecidas en las siguientes normas:

- **UNE-EN 545:2007:** Tubos, racores y accesorios en fundición dúctil y sus uniones para canalizaciones de agua. Requisitos y métodos de ensayo.
- **UNE-EN 681-1:1996/A3:2006:** Juntas elastoméricas. Requisitos de los materiales para juntas de estanqueidad de tuberías empleadas en canalizaciones y en drenaje. Parte 1: Caucho vulcanizado.
- **UNE EN ISO 9001:** Sistema de gestión de la calidad. Requisitos.
- **UNE EN ISO 14001:** Sistemas de Gestión Medioambiental: Especificaciones y directrices para su utilización.

7.2.2 DESCRIPCIÓN

Los tubos son colados por centrifugación en molde metálico y están provistos de una campana en cuyo interior se aloja un anillo de caucho, asegurando una estanqueidad perfecta en la unión entre tubos. Este tipo de unión es de un diseño tal que proporciona una serie de características funcionales como desviaciones angulares, aislamiento eléctrico entre tubos, buen comportamiento ante la inestabilidad del terreno, etc.

7.2.3 CARACTERÍSTICAS MÍNIMAS

Todos los tubos se someten en fábrica y antes de aplicar el revestimiento interno, a una prueba hidráulica realizada en la misma línea de fabricación. La duración total del ciclo de presión no es inferior a 15 segundos de los cuales 10 son a la presión de ensayo.

Dicha prueba consiste en mantener agua en el interior del tubo a la presión indicada en la tabla, no admitiéndose ningún tipo de pérdidas.

| DN (mm) | 60-300 | 350-600 | 700-1000 | 1100-2000 |
|----------------------|--------|---------|----------|-----------|
| Presión (bar) | 50 | 40 | 32 | 25 |

Tabla 3. Relación diámetro nominal-presión

Estos valores de presión correspondientes a la serie K-9 son los exigidos por la norma UNE-EN 545:2007.

Todas las piezas especiales se prueban en fábrica a estanqueidad con aire durante 15 segundos. Dicha prueba consiste en mantener la pieza como mínimo a 1 bar de presión y comprobar la estanqueidad con un producto jabonoso.

7.2.4 REVESTIMIENTO INTERNO

Todos los tubos son revestidos internamente con una capa de mortero de cemento de horno alto, aplicada por centrifugación del tubo, en conformidad con la norma UNE-EN 545:2007 [16].

Los espesores de la capa de mortero una vez fraguado son:

| DN (mm) | Espesor (mm) | |
|-----------------|---------------------|------------|
| | Valor nominal | Tolerancia |
| 60-300 | 4 | -1.5 |
| 350-600 | 5 | -2 |
| 700-1200 | 6 | -2.5 |
| 1400-200 | 9 | -3 |

Tabla 4. Relación diámetro nominal-espesor-tolerancia

7.2.5 REVESTIMIENTO EXTERNO

Los tubos se revisten externamente con dos capas:

- Una primera con zinc metálico: Electrodeposición de hilo de cinc de 99% de pureza, depositándose como mínimo 200 gr/m². Cantidad superior a la exigida por la norma UNE-EN 545:2007 que es de 130 gr/m².
- Una segunda capa de pintura bituminosa: Pulverización de una capa de espesor medio no inferior a 70μ.

Antes de la aplicación del cinc, la superficie de los tubos está seca y exenta de partículas no adherentes como aceites, grasas, etc. La instalación de recubrimiento exterior, es tal que el tubo pueda manipularse sin riesgo de deterioro de la protección (por ejemplo un secado en estufa).

La capa de acabado recubre uniformemente la totalidad de la capa de cinc y está exenta de defectos tales como carencias o desprendimientos.

7.2.6 MEDIDAS

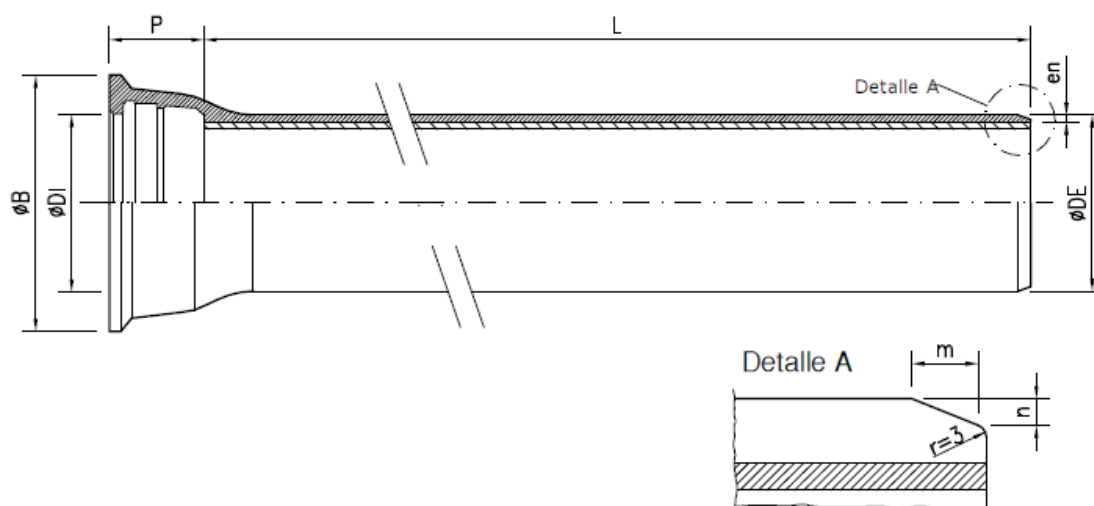


Figura 45. Tubería de fundición dúctil.

| DN (mm) | L (m) | en(mm) | DE(mm) | DI(mm) | P(mm) | B(mm) | m(mm) | n(mm) | Peso(Kg/m) |
|------------|----------|--------|--------|--------|-------|--------|-------|-------|------------|
| 60 | 6 | 6 | 76,9 | 80,3 | 89,5 | 144 | 9 | 3 | 11,25 |
| 80 | 6 | 6 | 97,8 | 101,4 | 92,5 | 167 | 9 | 3 | 14,583 |
| 100 | 6 | 6 | 117,8 | 121,4 | 94,5 | 188 | 9 | 3 | 18,167 |
| 125 | 6 | 6 | 143,7 | 147,4 | 97,5 | 215 | 9 | 3 | 22,833 |
| 150 | 6 | 6 | 169,7 | 173,4 | 100,5 | 242 | 9 | 3 | 27,333 |
| 200 | 6 | 6,3 | 221,6 | 225,2 | 106,5 | 295 | 9 | 3 | 37 |
| 250 | 6 | 6,8 | 273 | 276,8 | 105,5 | 352 | 9 | 3 | 48,333 |
| 300 | 6 | 7,2 | 324,9 | 328,8 | 107,5 | 490,2 | 9 | 3 | 60,667 |
| 350 | 6 | 7,7 | 376,8 | 380,9 | 110,5 | 464,2 | 9 | 3 | 80,333 |
| 400 | 6 | 8,1 | 427,7 | 431,9 | 112,5 | 516,2 | 9 | 3 | 95,5 |
| 450 | 6 | 8,6 | 478,6 | 483 | 115,5 | 574,2 | 9 | 3 | 112,667 |
| 500 | 6 | 9 | 530,5 | 535 | 117,5 | 629,2 | 9 | 3 | 130,167 |
| 600 | 6 | 9,9 | 633,3 | 638,1 | 132,5 | 738,5 | 9 | 3 | 169,667 |
| 700 | 6,955 | 10,8 | 736,6 | 741,7 | 192 | 863 | 15 | 5 | 217,9 |
| 800 | 6,95 | 11,7 | 840,4 | 845,8 | 197 | 974 | 15 | 5 | 267 |
| 900 | 6,95 | 12,6 | 943,2 | 948,9 | 200 | 1082 | 15 | 5 | 319,8 |
| 1000 | 6,955 | 13,5 | 1046 | 1052 | 203 | 1191 | 15 | 5 | 376,9 |
| 1100 | 8,19 | 14,4 | 1148,8 | 1155,1 | 225 | 1300 | 15 | 5 | 433,6 |
| 1200 | 8,185 | 15,3 | 1252,3 | 1260 | 235 | 1412,5 | 15 | 5 | 507,3 |
| 1400 | 8,17 | 17,1 | 1458,9 | 1467,9 | 245 | 1592,1 | 20 | 7 | 678,5 |
| 1500 | 8,16 | 18 | 1561,7 | 1571,1 | 265 | 1709,8 | 20 | 7 | 764,2 |
| 1600 | 8,16 | 18,9 | 1664,5 | 1674,2 | 265 | 1815,9 | 20 | 7 | 850,7 |
| 1800 | 8,15 | 20,7 | 1871,1 | 1881,5 | 275 | 2032,2 | 23 | 8 | 1035,6 |
| 2000 | 8,13 | 22,5 | 2077,7 | 2088,8 | 290 | 2259 | 23 | 8 | 1241,5 |

Tabla 5. Medidas de tubería de fundición dúctil

7.3 TUBERÍA UNE-EN-10216-1 TR1 ACERO ESTIRADO SIN SOLDADURA (OBSOLETA DIN-2448)

7.3.1 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

- Material acero de calidad TR1.
- No apto para roscar.
- Apto para ranurar.

- UNE-EN-10216-1: Tubos de acero sin soldadura para usos a presión condiciones técnicas de suministros. Parte 1: Tubos de acero no aleados con características especificadas a temperatura ambiente.

7.3.2 MEDIDAS

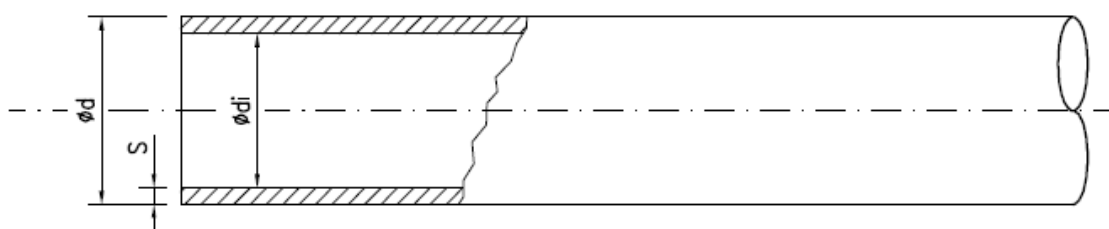


Figura 46. Tubería UNE-EN 10216-1

| Pulg. | DN | DE (mm) | Espesor (mm) | DE max.(mm) | DE min.(mm) | DI (mm) | Peso (Kg/m) |
|--------|-----|------------|-----------------|----------------|----------------|------------|----------------|
| 1" | 25 | 33,7 | 2,6 | 34 | 33,4 | 38,5 | 1,99 |
| 1 1/4" | 32 | 42,4 | 2,6 | 42,8 | 42 | 37,2 | 2,55 |
| 1 1/2" | 40 | 48,3 | 2,6 | 48,8 | 47,8 | 43,1 | 2,93 |
| 2" | 50 | 60,3 | 2,9 | 60,9 | 59,7 | 54,5 | 4,11 |
| 2 1/2" | 65 | 76,1 | 2,9 | 76,9 | 75,3 | 70,3 | 5,24 |
| 3" | 80 | 88,9 | 3,2 | 89,8 | 88 | 82,5 | 6,76 |
| 4" | 100 | 114,3 | 3,6 | 115,4 | 113,2 | 107,1 | 9,83 |
| 5" | 125 | 139,7 | 4 | 141,1 | 138,3 | 131,7 | 13,4 |
| 6" | 150 | 168,3 | 4,5 | 169,8 | 166,4 | 159,3 | 18,2 |
| 8" | 200 | 219,1 | 6,3 | 221,3 | 216,9 | 206,5 | 33,1 |

Tabla 6. Medidas de tubería acero estirado sin soldadura

7.4 SOPORTES

El sistema de soportación en una instalación de fluidos y en especial en una de p.c.i (protección contra incendios) es muy importante y merece especial atención.

Una red de tuberías está sometida a una serie de esfuerzos debidos a: su propio peso, al

peso del fluido que circula, a la velocidad del mismo, a los cambios de dirección, golpes de ariete...Si a la hora del diseño no se tienen en cuenta estos aspectos podría suceder en el caso de una instalación c.i. que una tubería seca colapsara cuando debido a las circunstancias pasase a ser húmeda.

En este Proyecto no se hace especial hincapié en este punto por pensar que debe ser desarrollado en profundidad por la ingeniería de detalle y por el instalador a la hora de diseñar las instalaciones as-built (para construcción) y los planos de montaje.

Para el diseño y selección de los tipos de soporte, fijos o móviles, se tendrían en cuenta las Normas UNE 23590 y/o la NFPA correspondiente a la instalación implicada, básicamente la NFPA 13, que dará en función del diámetro de la tubería la separación entre los mismos.

8. CÁLCULOS HIDRÁULICOS

8.1 PLANTEAMIENTO INICIAL DEL SISTEMA DE AGUA PULVERIZADA

La metodología empleada es la siguiente:

- En primer lugar hay que calcular la superficie a proteger del equipo.
- Como la densidad de descarga es un dato de diseño de la Planta, al multiplicarla por la superficie a proteger del equipo se obtiene el caudal teórico necesario, pero este caudal ha de ser aumentado un 10% debido a lo recomendado en las especificaciones del proyecto en el apartado análisis de riesgo de equipos (apartado 6.2.1).

$$Q_{teorico} = Area \cdot densidad$$

$$Q_{grad} = 1,1 \cdot Q_{teorico}$$

- Ahora se calcula cuál es la solución óptima en cuanto a número de boquillas, factor K de la boquilla, apertura de la misma, diámetro de la tubería... teniendo en cuenta que [17]:

$$Q_{real} = n^{o}boquillas \cdot K \cdot \sqrt{P_{min}}$$

$$\phi_{tuberia} = \sqrt{\frac{21,22 \cdot Q}{v}}$$

- Hay que tener en cuenta que la presión mínima en la boquilla más desfavorable ha de ser 2,5 bar.
- La tubería del puesto de control no puede tener un diámetro superior a 8" ya que no existen puestos de control mayores.
- La velocidad del agua en el puesto de control no puede superar los 6 m/s (especificación del proyecto), y en los ramales no puede superar los 10 m/s [18].

- Además hay que tener en cuenta la ventaja (a la hora de montar el sistema y poner las boquillas) que conlleva una estructura simétrica, poner el mismo número de boquillas en cada anillo...
- Por último hay que tener en cuenta la apertura del paraguas de la boquilla, es decir, el radio que es capaz de cubrir cada boquilla en función de su factor K y del ángulo de apertura. Los paraguas de boquillas contiguas han de solaparse al menos un 10% para asegurar una buena cobertura. Tanto en UNE como NFPA, se especifica que el agua pulverizada debe rodear por completo al equipo protegido, el solape del 10 % se estima como una tolerancia sobre todo por el viento, ya que suelen ser riesgos exteriores
- Las boquillas utilizadas serán escogidas del catálogo de la empresa Tyco (ver Anexo II y III para las especificaciones técnicas, diferentes gráficas en función del factor K de descarga...).

8.2 PLANTEAMIENTO INICIAL DE CORTINAS DE AGUA/HYDRO-SHIELDS

La forma de pensar es parecida al caso anterior, solo que ahora hay varios datos teóricos a tener en cuenta:

- El factor K en el caso de los hydro-shields está fijado, su valor es de $219 \text{ l/min} \cdot \text{bar}^{0.5}$.
- La presión mínima en el hydro-shield más desfavorable ha de ser 5,5 bar.
- La altura de protección mínima es de 5 m.
- La distancia de separación máxima entre hydro-shields es de 8 m, aunque puede ser mayor si cumple la condición de altura mínima 5 m.
- La densidad de diseño también es fija, siendo su valor $70 \text{ l/min} \cdot \text{m}$ de perímetro, por lo que para obtener el caudal de descarga en este caso hay que calcular el perímetro a cubrir.
- Los hydroshields utilizados son de la empresa HD FIRE PROTECT (ver Anexo V).

Las expresiones a utilizar son las mismas que en los sistemas de agua pulverizada.

8.3 PLANTEAMIENTO INICIAL DE ESPUMA DE ALTA EXPANSIÓN

La metodología a emplear es la siguiente:

- En primer lugar hay que calcular el caudal de descarga, el cual viene dado por:

$$R = \left(\frac{V}{T} + R_s \right) \cdot C_n \cdot C_s$$

- Hay que calcular el número de generadores necesario, para ello hay que tener en cuenta la expansión de espuma producida por generador, la cual se puede obtener a partir de los datos aportados por el fabricante. El número de generadores necesarios se obtiene a partir de:

$$N^{\circ} \text{generadores} = \frac{R}{\text{Expansión espuma}}$$

- Para calcular los caudales necesarios tanto de agua como de espumógeno se utilizan las siguientes expresiones:

$$Q_{\text{agua}} = Q_{\text{mezcla generador}} \cdot N^{\circ} \text{generadores}$$

$$Q_{\text{espumógeno}} = Q_{\text{agua}} \cdot \% \text{ espumógeno}$$

- Tanto la reserva de agua como la de espumógeno han de calcularse para un tiempo de funcionamiento mayor de 4 inundaciones.

$$\text{Reserva}_{\text{espumógeno}} = Q_{\text{espumógeno}} \cdot t_{\text{sup.4 inundaciones}}$$

$$\text{Reserva}_{\text{agua}} = Q_{\text{agua}} \cdot t_{\text{sup.4 inundaciones}}$$

- El generador de espuma utilizado es el GAE-250 de la empresa VIKING (ver Anexo VI, en él se encuentran las especificaciones técnicas).

8.4 HASS (HYDRAULIC ANALYZER OF SPRINKLER SYSTEM)

HASS se trata de un software para cálculos hidráulicos, se usa para:

- Sistemas de sprinklers.
- Sistemas de agua pulverizada.
- Sistemas de mangueras.
- Sistemas de hidrantes.
- Sistemas de espuma.

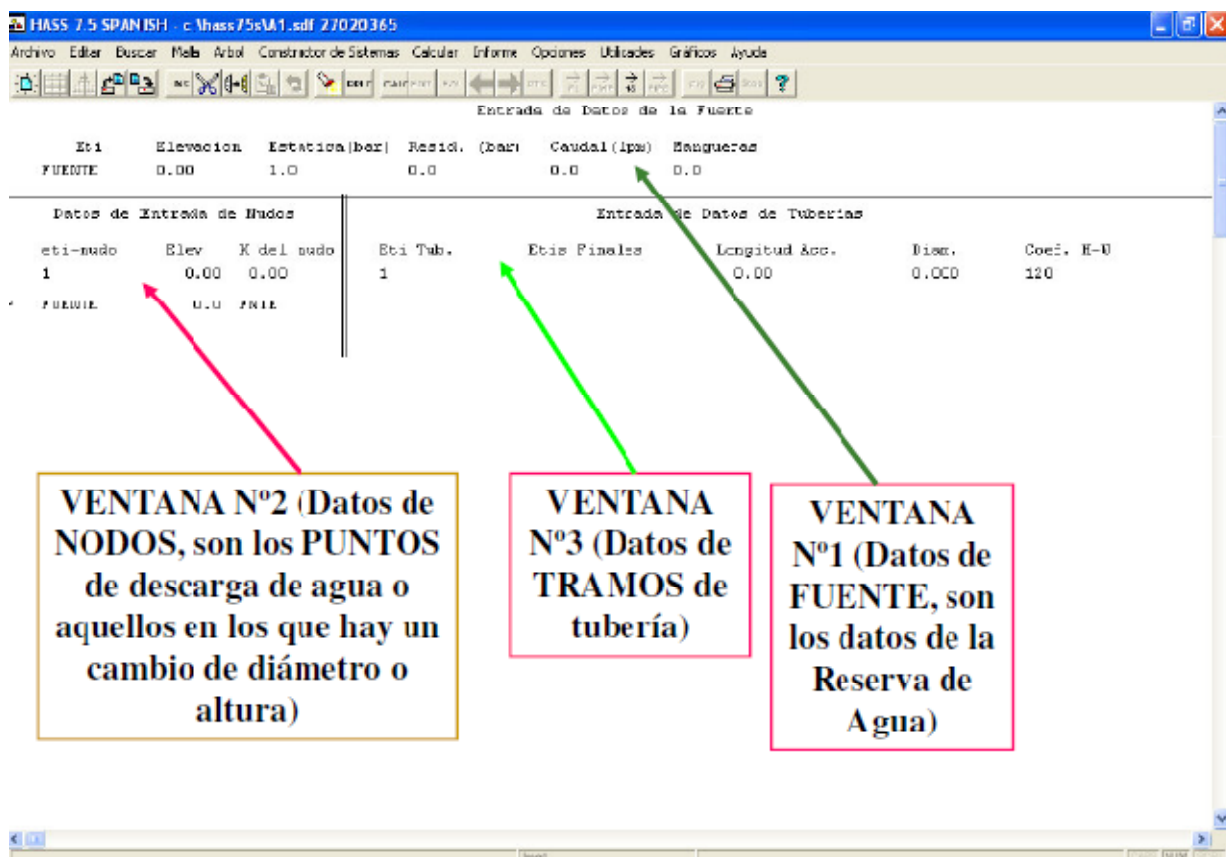
Permite:

- Calcular cualquier conexión de nodos y tuberías.
- Sin límite para el factor K de las boquillas o sprinklers.
- Ajustar los tamaños de tubería fácilmente para optimizar el diseño.
- Calcular las presiones, velocidad, diámetros, pérdidas...

HASS permite calcular Sistemas en Parrilla, proporciona los tamaños propuestos, y genera automáticamente la información de nodo y tubería. También se puede generar una estructura en Árbol, proporciona la información de nodo y tubería usando la hoja de tuberías de riesgo ordinario o emplea los tamaños de tuberías que especificas. Por último se puede usar el Constructor del Sistema, puedes combinar segmentos de tubería dentro de las líneas del ramal, situar los nodos donde más te interese, es ideal para las distribuciones de tubería más complejas. Esta última forma de construcción es la que se ha utilizado debido a la complejidad en la protección de los equipos.

8.4.1 FUNCIONAMIENTO DEL PROGRAMA

En primer lugar, al abrir el programa aparece la siguiente imagen:

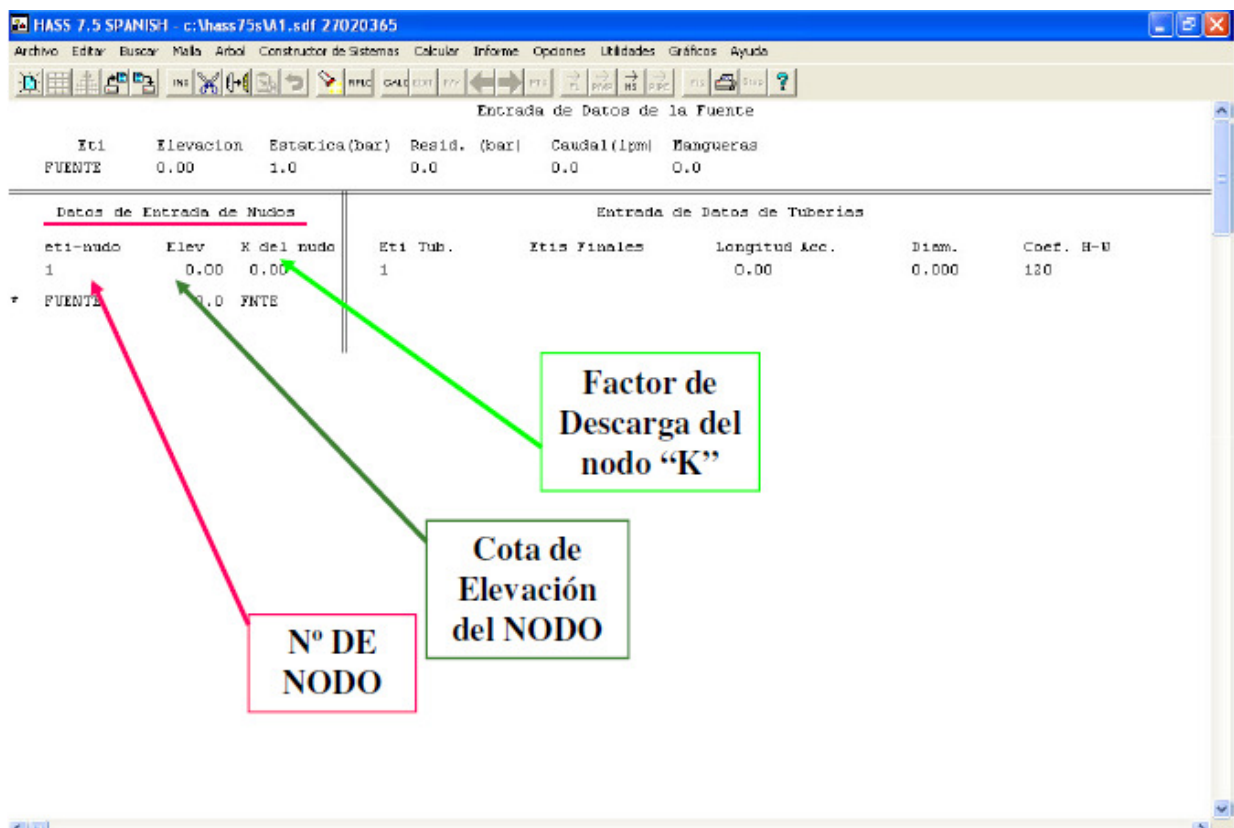


La **ventana 1**, corresponde con los datos del abastecimiento de agua (de la fuente) posee cinco campos: elevación (de la fuente), la P estática, P residual, caudal necesario y caudal de las mangueras. Es necesario introducir manualmente cada uno de ellos, excepto la elevación de la fuente.

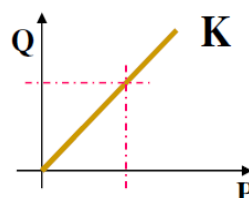
- La elevación de la fuente no se introduce manualmente ya que en la ventana 2, es necesario indicar la elevación de cada nodo (incluido el de la fuente) y al introducir el de la fuente, este aparece en la ventana 1 automáticamente.
- Se explicará cómo se calcula el caudal en el apartado 8.5.
- Las presiones (residual y estática) se pueden rellenar teniendo en cuenta: si se parte de un abastecimiento existente, entonces se podrá poner 7 bar- 8 bar (valores normales de trabajo), pero como este programa tiene la opción de meter la curva de la bomba, no es necesario meter presiones normales de trabajo, sino que las puedes poner a 0,1 bar- 0,3 bar (se supone que el depósito tendrá un

caudal de 1m-2m de agua), y cuando se meta la curva de la bomba, el programa te dirá la presión de trabajo. El caudal de mangueras ha de ser siempre cero, si no es así, el programa nos dará ese caudal a cualquier presión y por tanto, no se tendrá en cuenta la dispersión hidráulica.

Ventana 2:

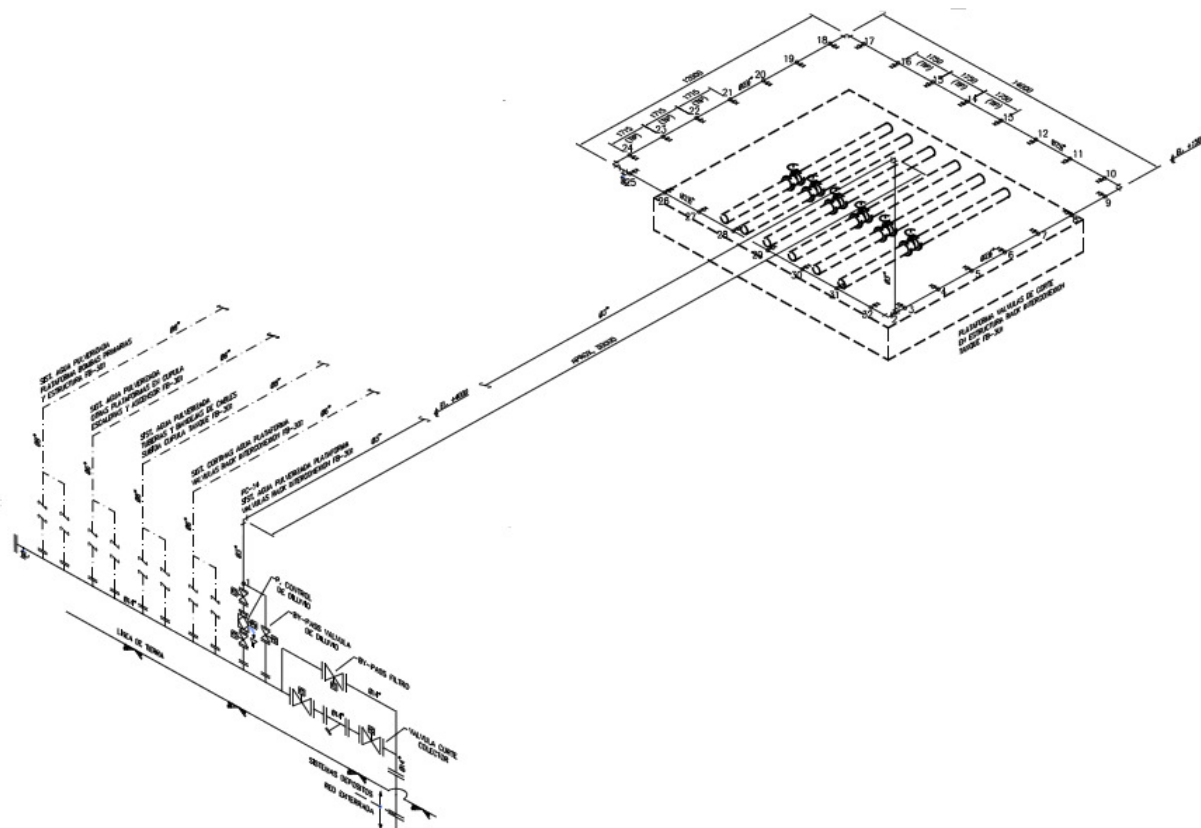


- El número de nodo aparece automáticamente cada vez que se añade uno nuevo. Se denomina nodo a aquel punto de descarga de agua, aquellos donde hay un cambio de diámetro, accesorio...
- La cota de elevación es la altura a la que se encuentra.
- El factor de descarga K es la velocidad de descarga de cada boquilla/hydro-shield/rociador, depende de la presión:



$$Q = k \cdot \sqrt{P}$$

A continuación se muestra un ejemplo de un sistema con sus correspondientes nodos:

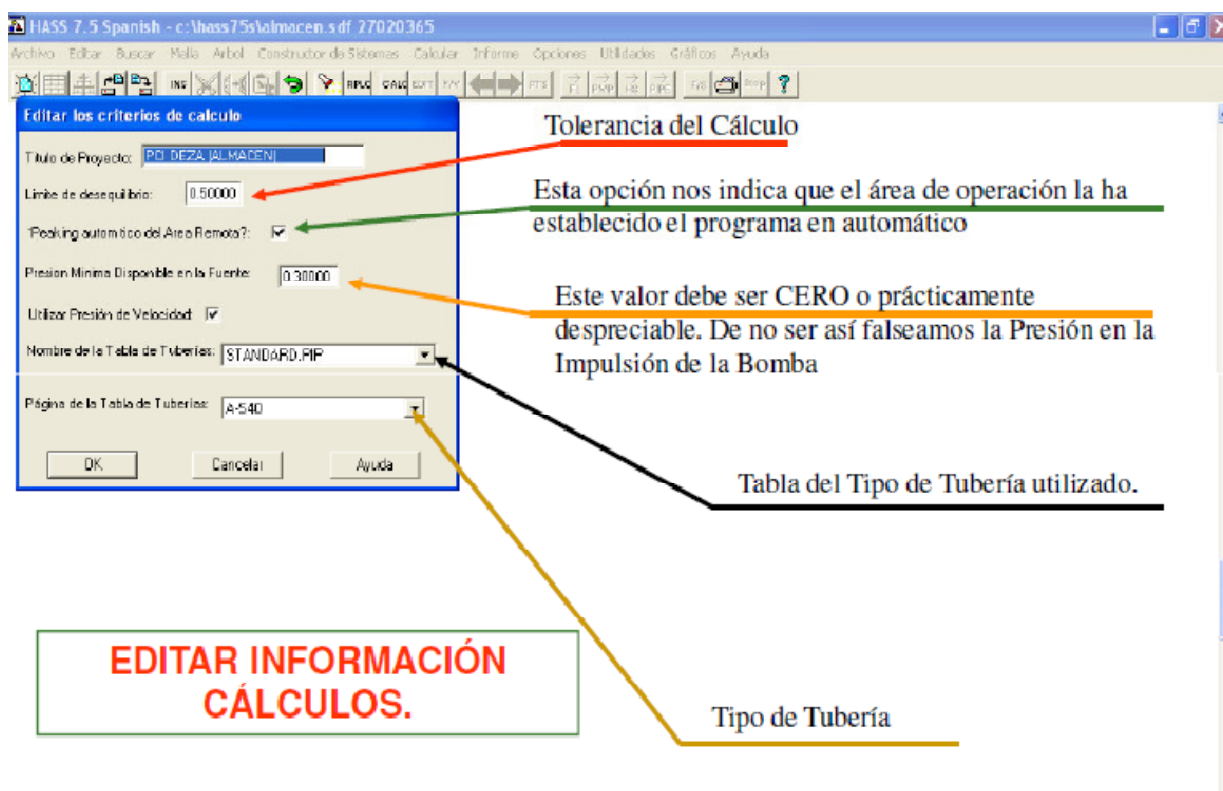


La **ventana 3** tiene cinco campos:

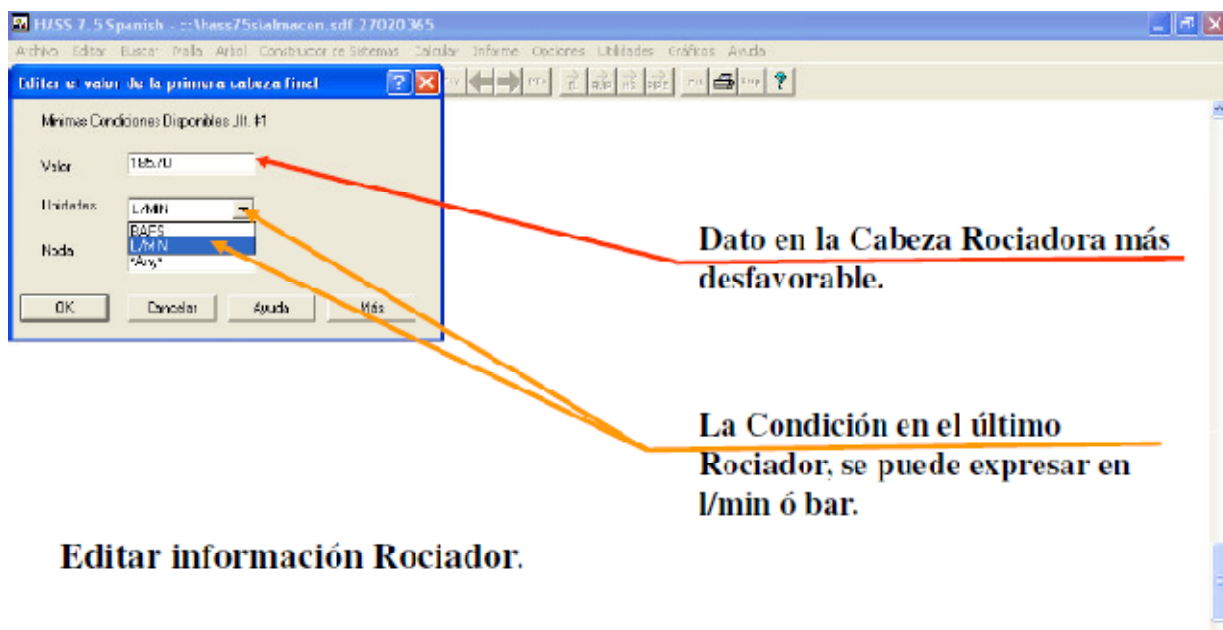
- Etiqueta de la tubería: aparece automáticamente cada vez que se añade una nueva tubería, sirve para poderlas identificar fácilmente.
- Etiqueta inicial y final de la tubería: corresponde con el nodo inicial de la tubería y el nodo final.
- Longitud: longitud de la tubería, o del tramo.
- Accesorios: accesorios existentes en esa tubería. Leyenda:
 - E: codo.
 - T: te.
 - L: codo de radio largo.

- C: válvula de retención.
- B: válvula de mariposa.
- A: puesto de control húmedo.
- D: estación de diluvio.
- Diámetro: diámetro de la tubería.
- Coeficiente de Hazen-Williams: si es acero 120; si es funditubo 110; si es polietileno: 140.

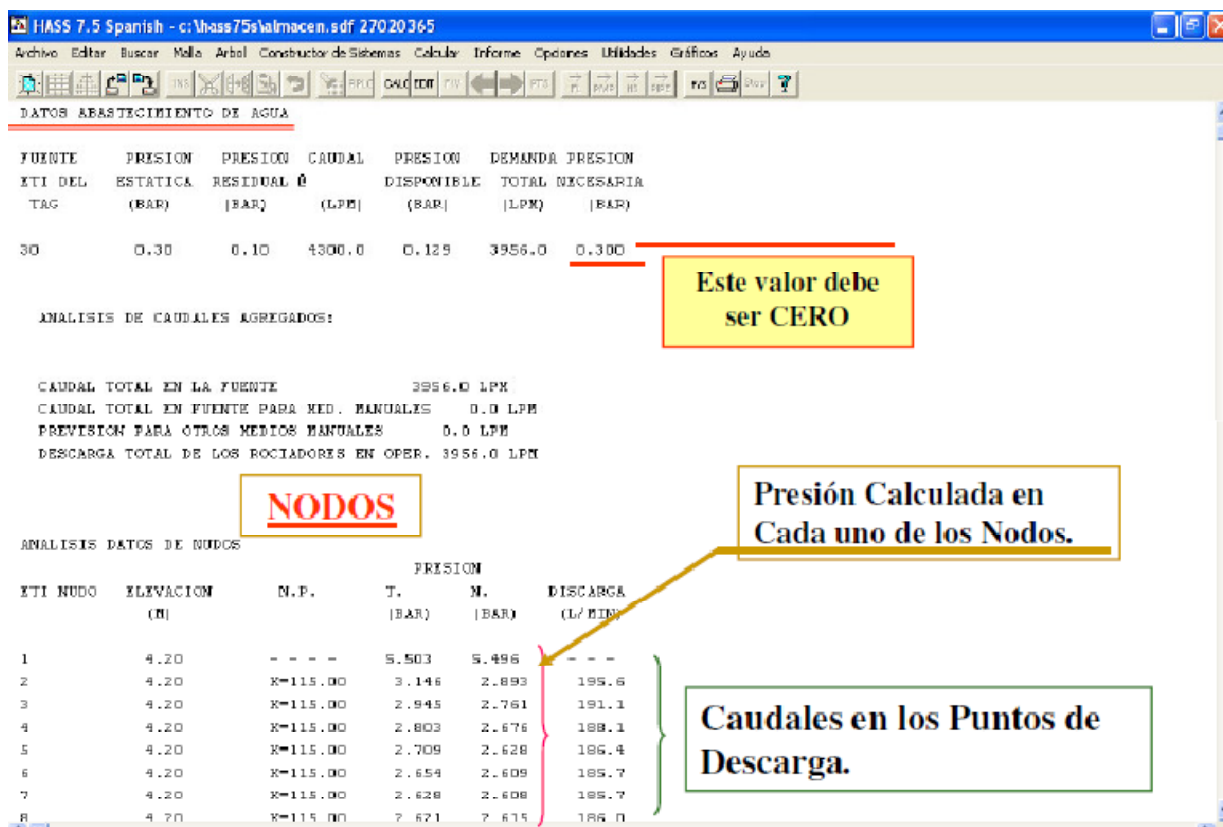
Después aparece una pantalla a rellenar donde:



En la siguiente pantalla hay que poner las necesidades mínimas de la boquilla/sprinkler/hydro-shield/sistema de espuma (hay que poner una condición: presión o caudal). Cada uno de estos sistemas puede tener una necesidad mínima de presión o de caudal, es decir, si en la boquilla debe haber al menos 2,5 bar, se indica, o si tiene unas necesidades mínimas de descarga de 10 lpm se refleja.



Tras realizar estos pasos, aparece la hoja de resultados, donde:



Aparecen reflejados los datos del abastecimiento de agua:

- Demanda real del sistema (debe ser muy próxima a la calculada manualmente).
- Presión necesaria (como se supone que se trabaja sin bomba en un principio, será cero).

Datos de los nodos:

- Caudal de descarga en cada uno de ellos.
- La presión en cada uno de ellos (la mínima será la que se ha indicado en la pantalla de condiciones).

La hoja de resultados en cada una de las tuberías es:

HASS 7.5 Spanish - c:\hass\hass\almacen.sdf 27020365

Archivo Editar Buscar Mapa Arbol Constructor de Sistemas Circular Informe Opciones Utilidades Gráficos Ayuda

DATOS DE TUBERÍA

TRAMOS DE TUBERÍA

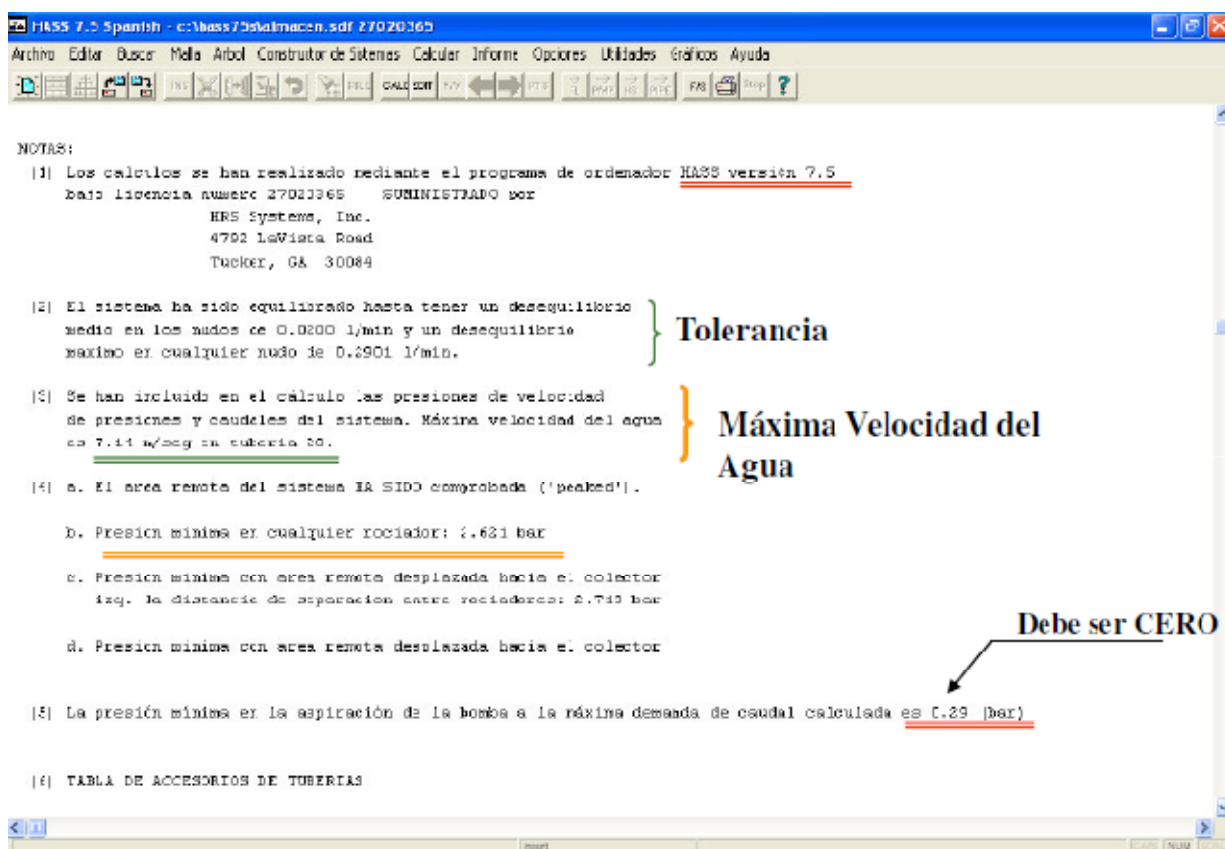
| ETI DE TUB | END | ELEV. | PT | PN | DISC. | Q(LPM) | VEL(MPS) | DIA(MM) | LONG. | RESUM. |
|-------------------|------|-------|-------|-------|--------|--------|----------|----------|----------|--------|
| EXTREMOS | (M) | (BAR) | (BAR) | (LPM) | FL/M | INI | FIN | TIPO | VAL | VAL |
| Tubería: 1 | | | | | | | | | | |
| 1 | 4.20 | 5.503 | 5.496 | 0.0 | 7.12 | 120 | Acc | T | PE 0.000 | |
| 2 | 4.20 | 3.146 | 2.893 | 195.6 | 0.090 | TL | 16.16 | PV 0.193 | | |
| Tubería: 2 | | | | | | | | | | |
| 2 | 4.20 | 3.146 | 2.893 | 195.6 | 6.06 | 120 | Acc | --- | PE 0.000 | |
| 3 | 4.20 | 2.945 | 2.761 | 191.1 | 0.0670 | TL | 3.00 | PV 0.184 | | |
| Tubería: 3 | | | | | | | | | | |
| 3 | 4.20 | 2.945 | 2.761 | 191.1 | 5.03 | 120 | Acc | --- | PE 0.000 | |
| 4 | 4.20 | 2.803 | 2.676 | 188.1 | 0.0474 | TL | 3.00 | PV 0.116 | | |
| Tubería: 4 | | | | | | | | | | |
| 4 | 4.20 | 2.803 | 2.676 | 188.1 | 4.02 | 120 | Acc | --- | PE 0.000 | |
| 5 | 4.20 | 2.709 | 2.680 | 106.4 | 0.0910 | TL | 3.00 | PV 0.091 | | |
| Tubería: 5 | | | | | | | | | | |
| 5 | 4.20 | 2.709 | 2.628 | 186.4 | 3.01 | 120 | Acc | --- | PE 0.000 | |
| 6 | 4.20 | 2.654 | 2.609 | 185.7 | 0.0180 | TL | 3.00 | PV 0.045 | | |
| Tubería: 6 | | | | | | | | | | |
| 6 | 4.20 | 2.654 | 2.609 | 185.7 | 2.01 | 120 | Acc | --- | PE 0.000 | |

Annotations:

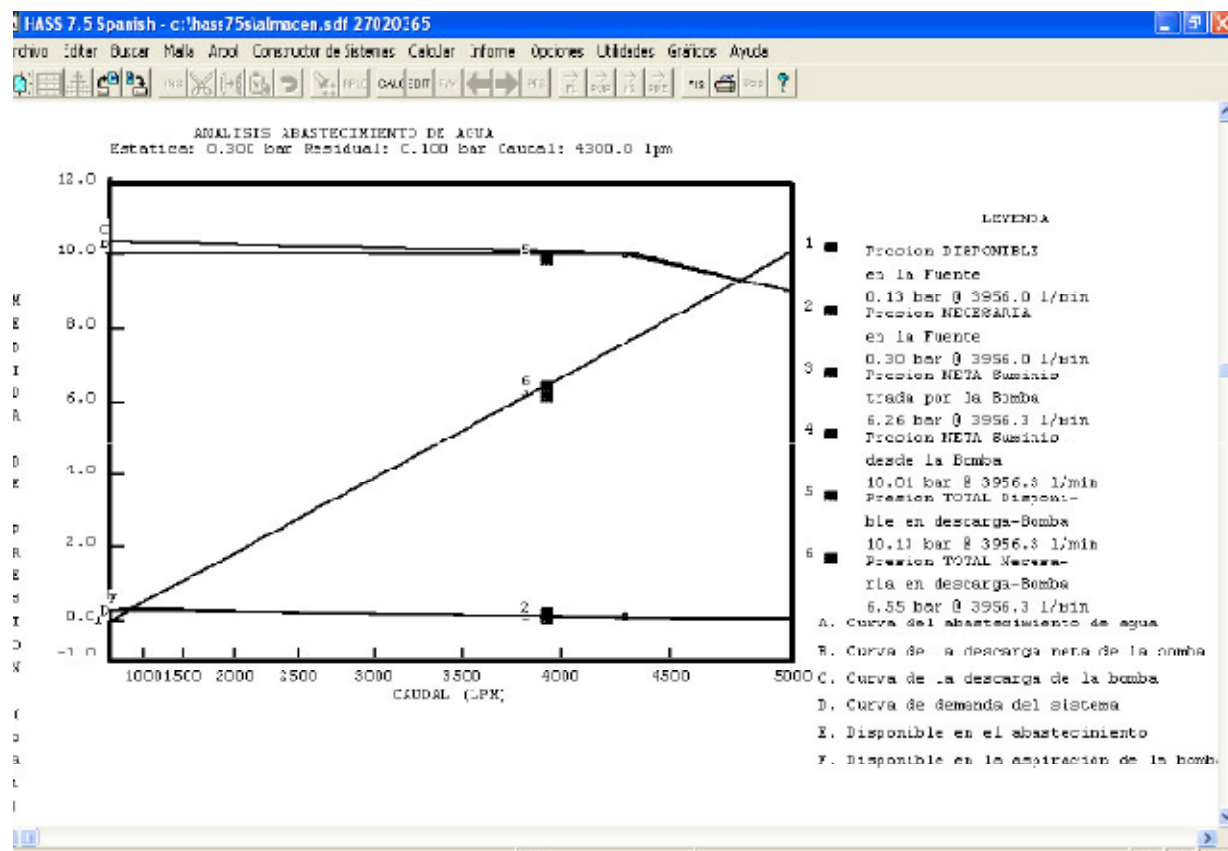
- Caudal del Tramo:** Points to the 'Q(LPM)' column.
- Velocidad del Agua:** Points to the 'VEL(MPS)' column.
- Diámetro (mm):** Points to the 'DIA(MM)' column.
- Cte de HAZEN WILLIAMS:** Points to the 'FL/M' column.
- Pérdidas por Rozamiento:** Points to the 'P' values in the 'RESUM.' column.
- Pérdidas por Altura:** Points to the 'PE' values in the 'RESUM.' column.
- Presión de Velocidad:** Points to the 'PV' values in the 'RESUM.' column.

Se obtienen los datos más críticos, es decir, la máxima velocidad del agua, la mínima presión necesaria...aquellos en los que hay que fijarse para saber si el diseño es correcto, ya que como se ha mencionado en el apartado 8.1, la velocidad máxima no puede salirse

del rango permitido y se debe cumplir la mínima necesidad de presión en el elemento de descarga.



Por último se obtiene el caudal nominal y presión nominal necesarios en la bomba:



8.5 EQUIPOS

A continuación se va a calcular manualmente (sin el programa) el caudal necesario para proteger cada uno de los equipos, el número de boquillas (su apertura, distancia entre ellas, factor de descarga...) y el diámetro de las tuberías del sistema.

8.5.1 BOMBAS SECUNDARIAS

8.5.1.1 SISTEMA DE AGUA PULVERIZADA

Hay 5 bombas reales y 3 en previsión (en un futuro probablemente las haya), por tanto es necesario dimensionar el sistema de agua pulverizada suponiendo que existen las 8 bombas.

La superficie a proteger de cada bomba es: 28 m².

Se dividen las bombas en dos grupos de equipos a proteger, ya que si se protegieran todas con un mismo puesto de control el diámetro del mismo sería superior a 8", sería incorrecto.

El caudal de agua necesario para proteger cada bomba es:

$$Q_{teorico\ por\ bomba} = Area \cdot densidad = 28 \cdot 20,4 = 571,2\text{ lpm} = 34,272\text{ m}^3/h$$

Teniendo en cuenta el 10% de gradiente hidráulico de sobrediseño:

$$Q_{10\%gradiente\ por\ bomba} = 1,1 \cdot Q_{teorico\ por\ bomba} = 628,3\text{ lpm} = 37,7\text{ m}^3/h$$

La protección habitual de recipientes verticales cuya altura es mayor de 3,5 m, es con un sistema de tuberías de tres anillos, en el que:

$$Q_{anillo\ superior} = 0,5 \cdot Q_{10\%gradiente\ por\ bomba} = 314,15\text{ lpm} = 18,85\text{ m}^3/h$$

$$Q_{anillo\ intermedio} = 0,3 \cdot Q_{10\%gradiente\ por\ bomba} = 188,5\text{ lpm} = 11,3\text{ m}^3/h$$

$$Q_{anillo\ inferior} = 0,2 \cdot Q_{10\%gradiente\ por\ bomba} = 125,6\text{ lpm} = 7,54\text{ m}^3/h$$

1. ANILLO SUPERIOR

- Si $K=17,3\text{ l/min}\cdot\text{bar}^{0.5}$, el número mínimo de boquillas necesarias sería:

$$N^{\circ}\text{mínimo de boquillas} = \frac{Q}{K \cdot \sqrt{P}} = \frac{314,15}{17,3 \cdot \sqrt{2,5}} = 11,48$$

Por tanto son necesarias al menos 12 boquillas.

El caudal real de este anillo sería:

$$Q_{real\ superior} = N^{\circ}boq \cdot K \cdot \sqrt{P_{min}} = 12 \cdot 17,3 \cdot \sqrt{2,5} = 328,24\text{ lpm}$$

- Si $K=25,9 \text{ l/min}\cdot\text{bar}^{0.5}$, el número mínimo de boquillas necesarias sería (aplicando el procedimiento anterior):

$$N^{\circ}\text{mínimo de boquillas} = 8$$

El caudal real del anillo sería:

$$Q_{real superior} = 327,6 \text{ lpm}$$

- Si $K=33,1 \text{ l/min}\cdot\text{bar}^{0.5}$, el número mínimo de boquillas sería 7, pero teniendo en cuenta la facilidad que conlleva el montaje de una estructura simétrica, sería adecuado poner 8 boquillas, entonces el caudal real sería:

$$Q_{real superior} = 418,68 \text{ lpm}$$

- Si $K=43,2 \text{ l/min}\cdot\text{bar}^{0.5}$, el número mínimo de boquillas sería 5, pero al igual que antes, por facilidad en el montaje sería adecuado poner 6 boquillas, el caudal real del anillo sería:

$$Q_{real superior} = 409,83 \text{ lpm}$$

- Si $K=59 \text{ l/min}\cdot\text{bar}^{0.5}$, el número mínimo de boquillas sería 4, el caudal real del anillo por tanto:

$$Q_{real superior} = 373,15 \text{ lpm}$$

- Si $K=80,6 \text{ l/min}\cdot\text{bar}^{0.5}$, el número mínimo de boquillas sería 3, pero hay que cubrir toda la superficie de la bomba, y como el anillo es cuadrado si se ponen 3 boquillas se dejaría un lado desprotegido, por lo que el número mínimo de boquillas es 4. Caudal real del anillo:

$$Q_{real superior} = 509,76 \text{ lpm}$$

- Si $K=103,7 \text{ l/min}\cdot\text{bar}^{0.5}$, al igual que en el caso anterior, el número mínimo de boquillas es 4 ya que, si no, se quedaría un lado del anillo sin cubrir. En este caso al ser mayor el factor K se obtiene un mayor caudal, por tanto no es necesario calcularlo ya que es mucho mayor al que se necesita.

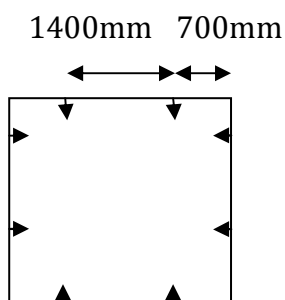
Por tanto la solución óptima es poner 8 boquillas (dos en cada lado del anillo) de agua pulverizada con un factor K de 25, 9 l/min·bar^{0.5}.

El diámetro de la tubería del anillo se obtiene a partir de la expresión vista en el planteamiento inicial, donde se supone una velocidad de 6 m/s, la máxima permitida en el proyecto, ya que de este modo se obtiene un diámetro más pequeño y ahorramos en material (si en vez de 6 m/s se fijara a 4 m/s, el diámetro obtenido sería mayor y por tanto mayor el coste de la instalación). Aun así, esta solo es una aproximación al valor del diámetro, ya que finalmente será el obtenido mediante el programa HASS el valor real, que no siempre coincidirá con el obtenido mediante esta fórmula:

$$\phi_{superior} = \sqrt{\frac{21,22 \cdot Q_{real superior}}{v}} = \sqrt{\frac{21,22 \cdot 327,6}{6}} = 34,03\text{mm} \approx 1 \frac{1}{4}"$$

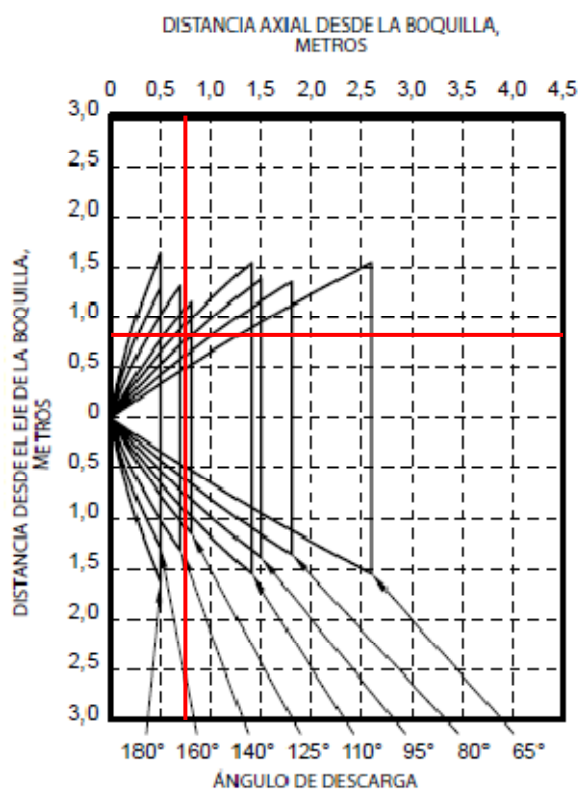
Ahora faltaría la colocación de las boquillas en el anillo. El anillo tiene que rodear a la bomba, y estar alejado de esta una cierta distancia (hay muchas opciones), en este caso, cada bomba tiene un diámetro de 1,219 m, por lo que se escoge un anillo de 2,8 m de lado, es decir, cada uno de los lados está separado 0,8 m de la bomba. Esta información es necesaria a la hora de escoger la boquilla, ya que cada boquilla de una misma familia (del mismo factor K) cubre una determinada distancia axial y radial.

En cada lado del anillo se montan dos boquillas, con una separación entre ellas de 1,4 m, y con una separación al extremo de 0,7 m.



Para conocer cuál es el ángulo de descarga apropiado, se van a utilizar las boquillas del catálogo de “Tyco” y sus correspondientes gráficas (Anexos II y III).

Son válidas las boquillas cuyo ángulo de descarga se encuentre comprendido entre los valores: 95° - 125° ya que la distancia axial desde la boquilla a la bomba es de 0.7 m y tiene que cubrir una distancia radial de al menos 0.85 m para que se solape un 10% de su apertura.



2. ANILLO INTERMEDIO

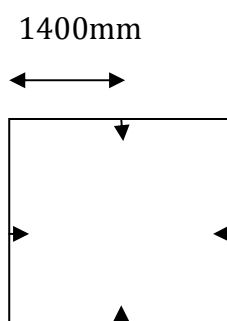
Utilizando la misma metodología que en el anillo superior, se llega a que la solución óptima es poner 4 boquillas (una en cada lado del anillo) con un factor K de 33,1 l/min·bar^{0.5}. El caudal real de este anillo es de:

$$Q_{real\ intermedio} = 209,3\ lpm$$

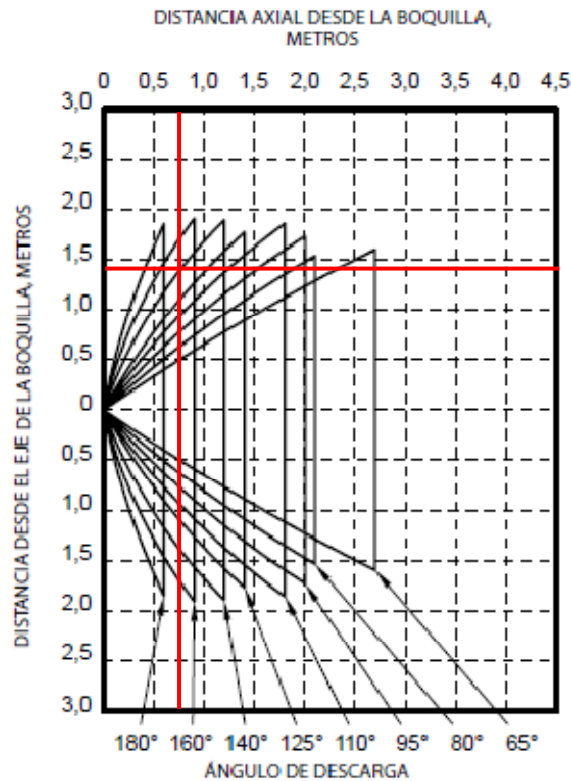
El diámetro obtenido es:

$$\varnothing_{intermedio} = 27,2mm \approx 1"$$

En este caso, el anillo tiene la misma medida que en el anterior (facilita el montaje), por lo que las boquillas se montan en el punto medio de cada lado del anillo, por consiguiente, han de cubrir una distancia radial de 1,4 m y una distancia axial de 0,7 m.



Son válidas las boquillas cuyo ángulo de descarga se encuentre comprendido entre los valores: 140°-160°.



3. ANILLO INFERIOR

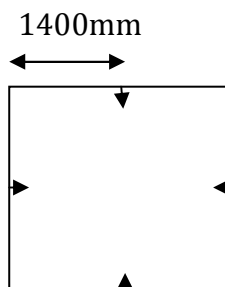
La solución óptima es poner 4 boquillas (una en cada lado del anillo) con un factor K de 25,9 l/min·bar^{0.5}. El caudal real de este anillo es de:

$$Q_{real\ inferior} = 163,8\ lpm$$

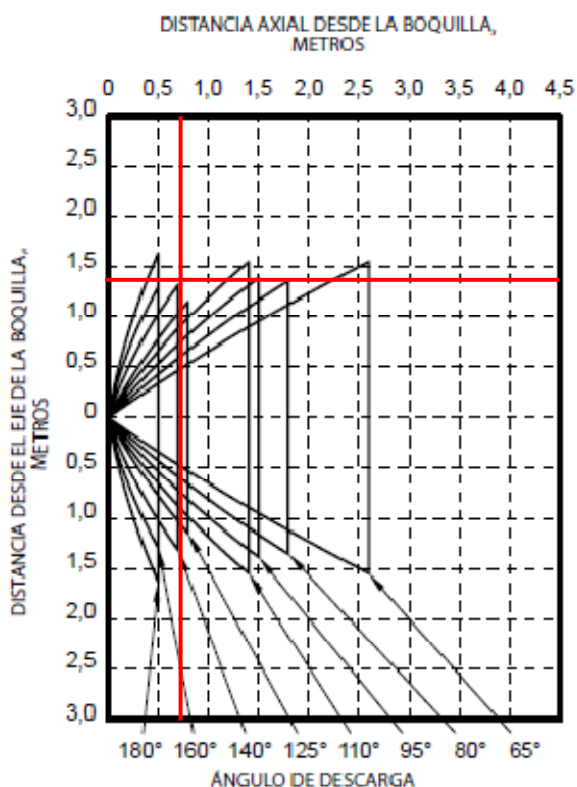
El diámetro obtenido es:

$$\phi_{inferior} = 24,06mm \approx 1"$$

En este caso, al igual que en el anillo intermedio, las boquillas se montan en el punto medio de cada lado del anillo, por lo que han de cubrir una distancia radial de 1,4 m y una distancia axial de 0,7 m.



Son válidas las boquillas cuyo ángulo de descarga sea 160°, ya que el resto no cumplen las necesidades de apertura.



SISTEMA COMPLETO

El caudal necesario para proteger la superficie de cada bomba es de:

$$Q_{real} = Q_{real\ superior} + Q_{real\ intermedio} + Q_{real\ inferior} = 700,7\ lpm$$

Como se va a proteger con un puesto de control cada grupo de cuatro bombas, el caudal total necesario para cada grupo es:

$$Q_{total\ de\ grupo} = 4 \cdot Q_{real\ por\ bomba} = 2802,8\ lpm$$

El diámetro del colector que va al puesto de control es de (suponiendo velocidad máxima 6 m/s):

$$\varnothing_{pto\ control} = 140,8mm \approx 6"$$

8.5.1.2 HYDRO-SHIELDS (CORTINAS DE AGUA)

Al igual que en el caso anterior, es necesario dimensionar el sistema de cortinas de agua suponiendo que existen las 8 bombas, aunque realmente haya 3 en previsión.

Se dividen las bombas en dos grupos de equipos a proteger (al igual que antes), ya que si se protegieran todas con un mismo puesto de control el diámetro del mismo sería superior a 8", sería incorrecto.

El perímetro a proteger es de 66 metros.

El caudal de agua necesario para proteger cada grupo de bombas es:

$$Q_{teorico\ por\ grupo} = perimetro \cdot densidad = 66 \cdot 70 = 4620\ lpm = 277,2\ m^3/h$$

Al igual que en el sistema de agua pulverizada, hay que tener en cuenta el 10% de gradiente hidráulico de sobrediseño, el caudal teórico es:

$$Q_{10\%\ gradiente} = 1,1 \cdot Q_{teorico} = 5082\ lpm$$

Como conocemos el factor K, podemos obtener en número mínimo de hydro-shields necesarios con una presión en el más desfavorable de 5,5 bar a partir de:

$$N^{\circ} \text{mínimo de boquillas} = \frac{Q}{K \cdot \sqrt{P}} = \frac{5040}{219 \cdot \sqrt{5,5}} = 9,89 \text{ hydro - shields}$$

Por tanto son necesarios al menos 10 hydro-shields.

Distribuyéndolos a lo largo del perímetro, se cumple la condición de altura mínima 5 metros y presión en el hydro-shield más desfavorable de 5,5 bar, por tanto la solución dada es la óptima. El caudal real necesario es:

$$Q_{real} = N^{\circ} \text{hydro - shields} \cdot K \cdot \sqrt{P_{min}} = 10 \cdot 219 \cdot \sqrt{5,5} = 5136 \text{ lpm}$$

El diámetro necesario para una velocidad máxima de 6 m/s es de:

$$\phi_{anillo} = \sqrt{\frac{21,22 \cdot Q_{real}}{v}} = 134,77 \text{ mm} \approx 5"$$

8.5.2 COMPRESOR

8.5.2.1 SISTEMA DE AGUA PULVERIZADA

Cubierta del Shelter Boil Off

En este caso cada lateral de la cubierta ha de llevar su propio puesto de control, ya que si se intenta proteger toda la cubierta (ambos laterales) mediante el mismo puesto de control, este tendría un diámetro mayor de 8".

La superficie a proteger es de 1048,8 m², cada lateral tiene una superficie de 542,4 m².

Puesto que la densidad de descarga es de 10,2 l/min·m², el caudal teórico necesario es:

$$Q_{teorico} = Area \cdot densidad = 5532,48 \text{ lpm}$$

Teniendo en cuenta el 10% de gradiente hidráulico de sobrediseño, el caudal teórico es:

$$Q_{10\%gradiente} = 1,1 \cdot Q_{teorico} = 6085.73 lpm$$

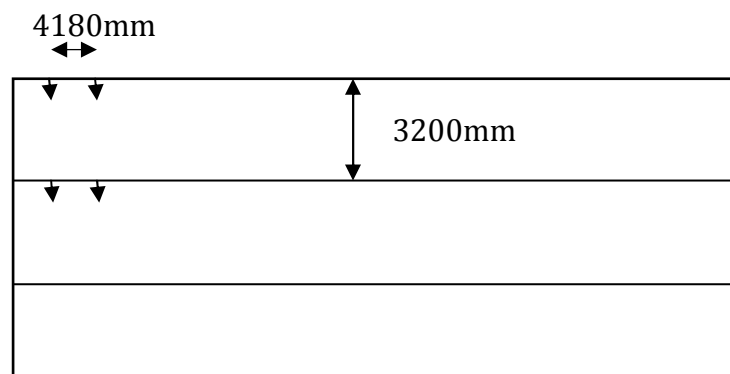
Utilizando la misma metodología anterior, se llega a la conclusión que la solución óptima son 48 boquillas con un factor K de 80,6 l/min·bar^{0.5}. Obteniéndose un caudal real:

$$Q_{real} = N^{º}boq \cdot K \cdot \sqrt{P_{min}} = 6117,11 lpm$$

El diámetro de la tubería que va al puesto de control es de:

$$\phi_{superior} = \sqrt{\frac{21,22 \cdot Q_{real}}{v}} = 147,09 mm \approx 6"$$

Las boquillas se colocaran en 4 hileras, cada una de ellas con 12 boquillas. La separación entre boquillas será de 4,18 m y la distancia entre hileras será de 3,2 m.

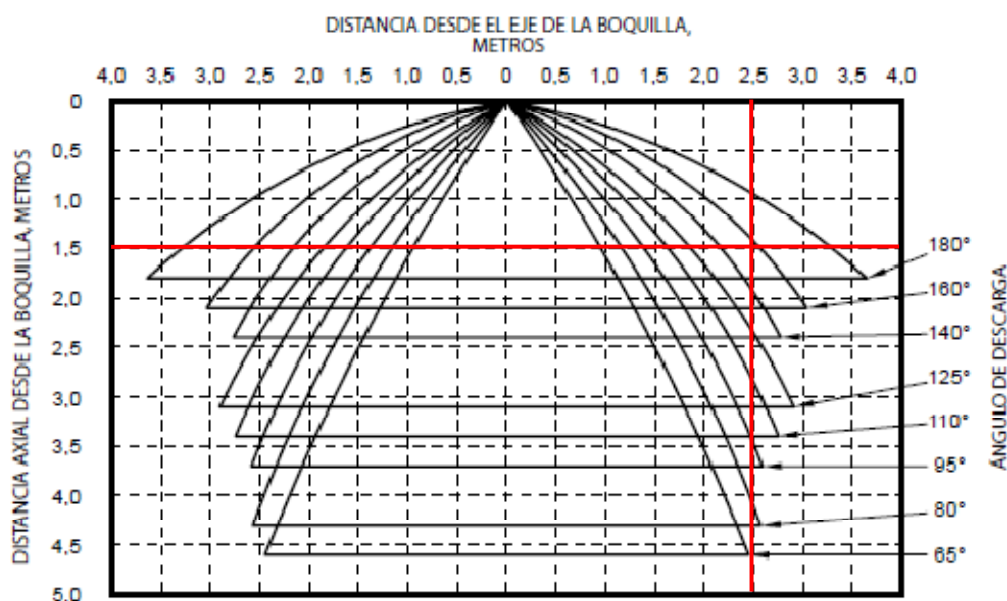


El diámetro de cada uno de los ramales es de:

$$\phi_{ramal} = \sqrt{\frac{21,22 \cdot Q_{real}}{v}} = \sqrt{\frac{21,22 \cdot N^{º}boq \cdot ramal \cdot K \cdot \sqrt{P_{min}}}{v}} = 73,54 mm \approx 3"$$

Las boquillas con K=80,6 l/min·bar^{0.5} y ángulo de descarga comprendido entre 160°-180° son válidas, ya que su apertura radial es mayor de 2,5 m (debido a la distancia de

separación entre boquillas contiguas), lo que asegura su solapamiento (al menos el 10% de su cobertura total) con la boquilla contigua; y su distancia axial es de 1,5m, ya que es la distancia de la boquilla al tejado.



Fachada Shelter del compresor

La altura del edificio es de 12,15 m teniendo en cuenta la pendiente del tejado, por lo que es necesario poner un sistema de agua pulverizada con tres anillos a diferentes alturas para que consigan cubrir toda la superficie.

La superficie a proteger es de 2610,9 m².

Puesto que la densidad de descarga es de 10,2 l/min·m², el caudal teórico necesario es:

$$Q_{teorico} = Area \cdot densidad = 26631,2 \text{ lpm}$$

Teniendo en cuenta el 10% de gradiente hidráulico de sobrediseño, el caudal teórico es:

$$Q_{10\% \text{ gradiente}} = 1,1 \cdot Q_{\text{teorico}} = 29294,32 \text{ lpm}$$

Como se ha mencionado antes, la protección de la fachada se realizará mediante tres anillos. Hasta ahora los equipos analizados que se protegían con varios anillos se controlaban con el mismo puesto de control, pero este caso es distinto, ya que cada anillo lleva su propio puesto de control debido a que el caudal de los tres resulta muy elevado y la tubería del puesto de control debería tener más de 8"-9", lo que no es recomendable. El caudal de cada uno de estos anillos es:

$$Q_{\text{anillo superior}} = 0,5 \cdot Q_{10\% \text{ gradiente por bomba}} = 14647,17 \text{ lpm} = 21,47 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_{\text{anillo intermedio}} = 0,3 \cdot Q_{10\% \text{ gradiente por bomba}} = 8788,3 \text{ lpm} = 527,3 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_{\text{anillo inferior}} = 0,2 \cdot Q_{10\% \text{ gradiente por bomba}} = 5859,86 \text{ lpm} = 351,53 \text{ m}^3/\text{h}$$

1. ANILLO SUPERIOR

La solución óptima es poner 92 boquillas en el anillo con un factor K de 103,7 l/min·bar^{0.5}. Diez de estas boquillas, se encontrarán a distintas alturas para poder proteger la parte superior del edificio.

El caudal real de este anillo es de:

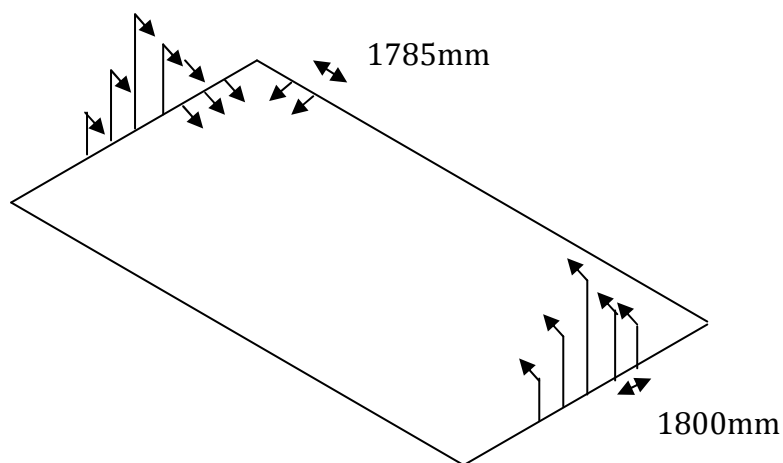
$$Q_{\text{real superior}} = N^{\circ}boq \cdot K \cdot \sqrt{P_{\text{min}}} = 92 \cdot 103,7 \cdot \sqrt{2,5} = 15084,7 \text{ lpm}$$

El diámetro de este anillo suponiendo velocidad máxima de 6 m/s será de:

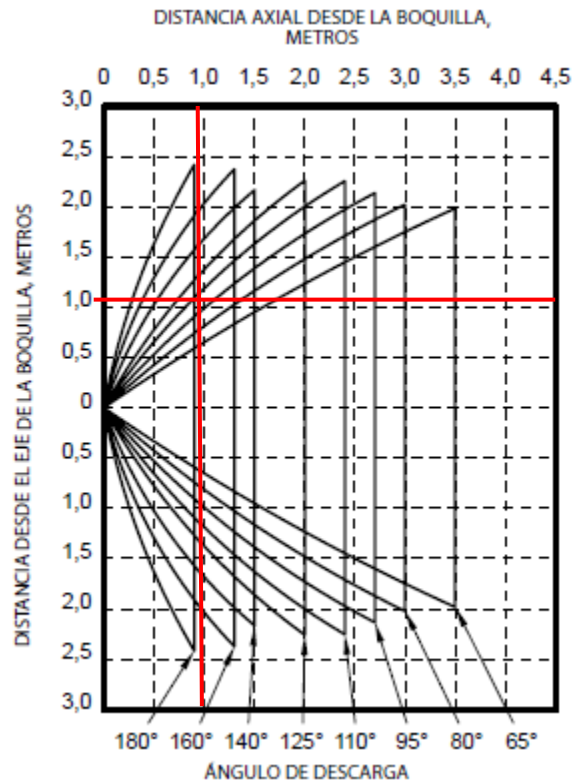
$$\phi_{\text{pto control}} = \sqrt{\frac{21,22 \cdot Q_{\text{real superior}}}{v}} = \sqrt{\frac{21,22 \cdot 15084,7}{6}} = 231 \text{ mm} \approx 9 \text{ ''}$$

El anillo tiene que rodear a la fachada del edificio, y estar alejado de esta una cierta distancia (hay muchas opciones), en este caso, los lados menores del anillo están separados de la fachada 0,9 m, y los lados mayores 0,95 m. Esta información es necesaria a la hora de escoger la boquilla, ya que cada boquilla de una misma familia (del mismo factor K) cubre una determinada distancia axial y radial.

Se colocarán dieciocho boquillas en el lado menor del anillo con una separación máxima entre ellas de 1,8 m y veintiocho boquillas en el lado mayor, con una separación entre ellas de 1,785 m.



Son válidas las boquillas cuyo ángulo de descarga se encuentre comprendido entre los valores: 110° - 160° ya que la distancia axial máxima desde la boquilla a la fachada es de 0,95 m y tiene que cubrir una distancia radial de al menos 1 m para que se solape un 10% de su apertura.



2. ANILLO INTERMEDIO

La solución óptima es poner 82 boquillas en el anillo con un factor K de 80,6 l/min·bar^{0.5}.
El caudal real de este anillo sería:

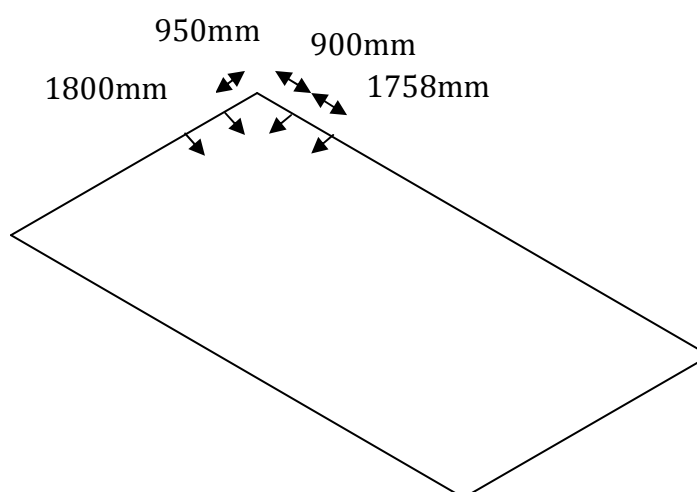
$$Q_{real\ intermedio} = N^{º}boq \cdot K \cdot \sqrt{P_{min}} = 82 \cdot 80,6 \cdot \sqrt{2,5} = 10450\ lpm$$

El diámetro de este anillo suponiendo velocidad máxima de 6 m/s será de:

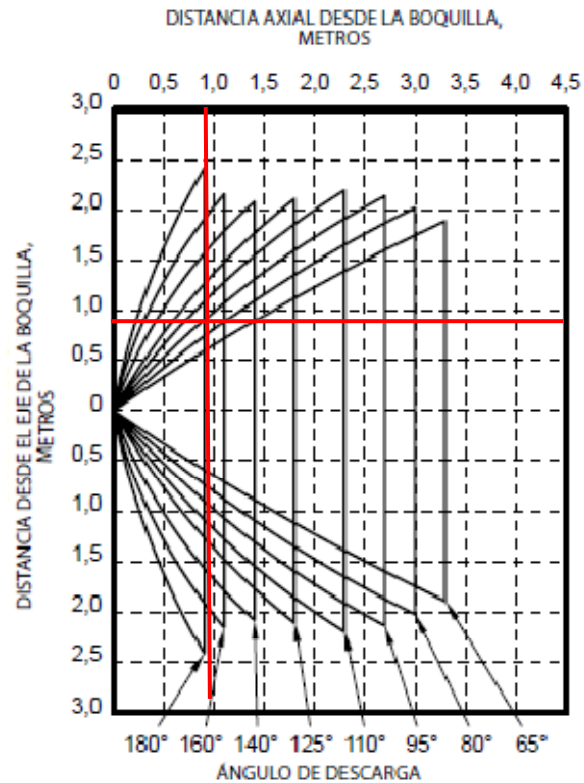
$$\phi_{pto\ control} = \sqrt{\frac{21,22 \cdot Q_{real\ superior}}{v}} = \sqrt{\frac{21,22 \cdot 328,4}{6}} = 192,24\ mm \approx 8"$$

Se colocarán trece boquillas en el lado menor del anillo con una separación entre ellas de 1,8 m y veintiocho boquillas en el lado mayor, con una separación entre ellas de 1,785 m (es la misma tipología que el anillo anterior pero al estar en un nivel intermedio no tiene boquillas para proteger la parte superior del edificio).

El anillo tiene que rodear a la fachada del edificio, y estar alejado de esta una cierta distancia (hay muchas opciones), en este caso, los lados menores del anillo están separados de la fachada 0,9 m, y los lados mayores 0,95 m. Esta información es necesaria a la hora de escoger la boquilla, ya que cada boquilla de una misma familia (del mismo factor K) cubre una determinada distancia axial y radial.



Son válidas las boquillas cuyo ángulo de descarga se encuentre comprendido entre los valores: 80° – 160° ya que la distancia axial desde la boquilla a la fachada del edificio es de 0,95 m y tiene que cubrir una distancia radial de al menos 0.85 m para que se solape un 10% de su apertura.



3. ANILLO INFERIOR

La solución óptima es poner 82 boquillas en el anillo con un factor K de 59 l/min·bar^{0.5}. El caudal real de este anillo sería:

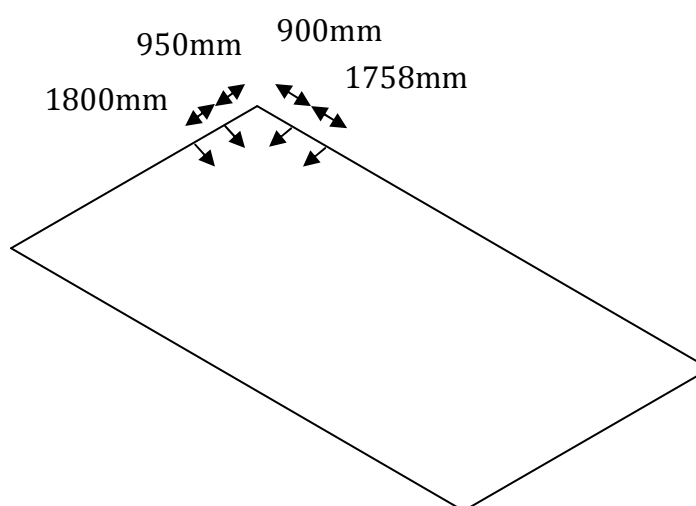
$$Q_{real\ inferior} = N^{o}boq \cdot K \cdot \sqrt{P_{min}} = 82 \cdot 59 \cdot \sqrt{2,5} = 7649,55\ lpm$$

El diámetro de este anillo suponiendo velocidad máxima de 6 m/s será de:

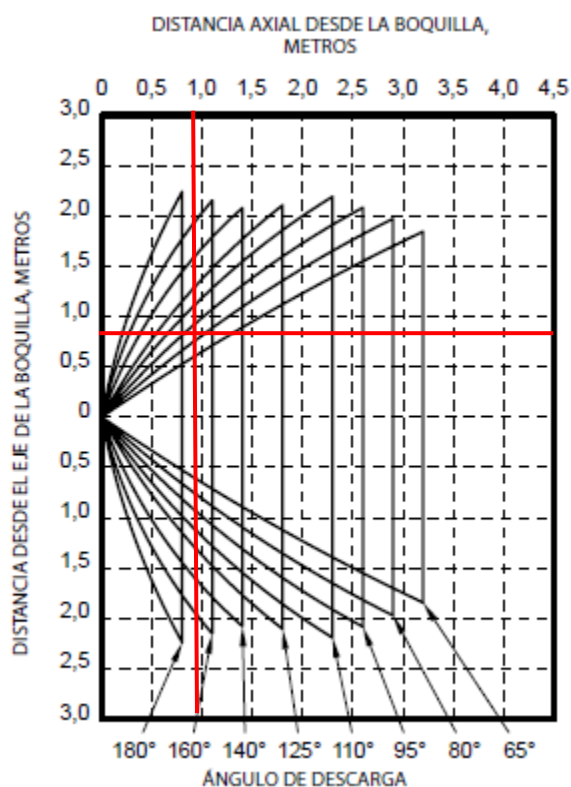
$$\phi_{pto\ control} = \sqrt{\frac{21,22 \cdot Q_{real\ superior}}{v}} = \sqrt{\frac{21,22 \cdot 328,4}{6}} = 164,48\ mm \approx 7''$$

Se colocarán trece boquillas en el lado menor del anillo con una separación entre ellas de 1,8 m y veintiocho boquillas en el lado mayor, con una separación entre ellas de 1,785 m.

El anillo tiene que rodear a la fachada del edificio, y estar alejado de esta una cierta distancia, en este caso, los lados menores del anillo están separados de la fachada 0,9 m, y los lados mayores 0,95 m. Esta información es necesaria a la hora de escoger la boquilla, ya que cada boquilla de una misma familia (del mismo factor K) cubre una determinada distancia axial y radial.



Son válidas las boquillas cuyo ángulo de descarga se encuentre comprendido entre los valores: 95° - 160° ya que la distancia axial desde la boquilla a la fachada es de 0,95 m y tiene que cubrir una distancia radial de al menos 0.85 m para que se solape un 10% de su apertura.



8.5.2.2 CORTINAS DE AGUA CON ROCIADORES DE VENTANA

El perímetro a proteger es de 135 m.

El caudal de agua necesario para proteger el perímetro alrededor de los compresores en los 4 lados es:

$$Q_{\text{teorico por grupo}} = \text{perímetro} \cdot \text{densidad} = 148,8 \cdot 70 = 9450 \text{ lpm}$$

En este caso, al encontrarse la cortina de agua en el interior de un edificio, es posible utilizar rociadores de ventana, estas producen un tipo de rociado de agua de 180° relativamente plano.

La metodología de cálculo es semejante a la de los sistemas de agua pulverizada. Al igual que en el sistema de agua pulverizada, hay que tener en cuenta el 10% de gradiente hidráulico de sobrediseño, el caudal teórico es:

$$Q_{10\% \text{ gradiente}} = 1,1 \cdot Q_{teorico} = 10400 \text{ lpm}$$

Observando las gráficas correspondientes a estas boquillas (ver en Anexo IV), se puede observar que las que permiten una altura mínima del agua rociada son aquellas cuyo factor K es 80, 116 y 163 l/min·bar^{0.5}; como no se observa diferencia en la apertura de su cortina, es mejor quedarse con aquella cuyo factor K es 80,6 l/min·bar^{0.5}, ya que al ser menor, para un mismo caudal te permite tener las boquillas más cerca y aunque el caudal descargado por boquilla sea menor más cerca estarán estas y aseguras una altura de protección mayor.

En este caso la presión mínima necesaria en la boquilla más desfavorable ha de ser 2,5 bar. Por lo que el número mínimo necesario de boquillas es:

$$N^{\circ} \text{mínimo de boquillas} = \frac{Q}{K \cdot \sqrt{P}} = 82,45 \approx 83$$

Pero por facilidad durante el montaje es más fácil que los anillos sean iguales, por lo que al haber tres compresores lo mejor es poner 84 boquillas (28 rodeando a cada compresor).

El diámetro necesario en cada anillo para una velocidad máxima de 6 m/s es de:

$$\phi_{anillo} = \sqrt{\frac{21,22 \cdot Q_{real}}{v}} = \sqrt{\frac{21,22 \cdot N^{\circ}boq \cdot anillo \cdot K \cdot \sqrt{P_{min}}}{v}} = 111,91 \approx 4"$$

El caudal real necesario es:

$$Q_{real} = N^{\circ}boq \cdot K \cdot \sqrt{P_{min}} = 10625,26 \text{ lpm}$$

El diámetro necesario en la tubería del puesto de control para una velocidad máxima de 6 m/s es de:

$$\phi_{pto\ control} = \sqrt{\frac{21,22 \cdot Q_{real}}{v}} = 193,85 \approx 8''$$

8.5.3 TANQUE ALMACENAMIENTO GNL

Dado que el tanque es de contención total, como se ha mencionado anteriormente, según la UNE 1473 [19], al tratarse de un tanque recubierto de hormigón, no se considera creíble el colapso, por lo que no es necesario proteger su superficie lateral. Más adelante se explicará cómo se protegería si fuera metálico.

8.5.3.1 SISTEMA DE AGUA PULVERIZADA

Plataforma bombas primarias y estructura de soporte

Este equipo se encuentra en la parte superior del tanque de GNL. La superficie a proteger es 491 m². Es necesario dividir la superficie en dos zonas porque facilita su protección (cada una de ellas con su correspondiente puesto de control), ya que es necesaria la misma presión pero para menos caudal, por lo que se exige menos al sistema. Por lo tanto, la superficie de cada una de las zonas a proteger es de 245,5 m².

Puesto que la densidad de descarga es de 20,4 l/min·m², el caudal teórico necesario es:

$$Q_{teorico} = Area \cdot densidad = 5007,27\ lpm = 300,43\ m^3/h$$

Teniendo en cuenta el 10% de gradiente hidráulico de sobrediseño:

$$Q_{10\%gradiente} = 1,1 \cdot Q_{teorico} = 5508 \text{ lpm} = 330,5 \text{ m}^3/h$$

Utilizando una metodología análoga a la anterior se obtiene que la solución óptima para no alejarse mucho del caudal teórico calculado es, poner 81 boquillas de factor K 43,2l/min·bar^{0.5}, por lo tanto el caudal real necesario es:

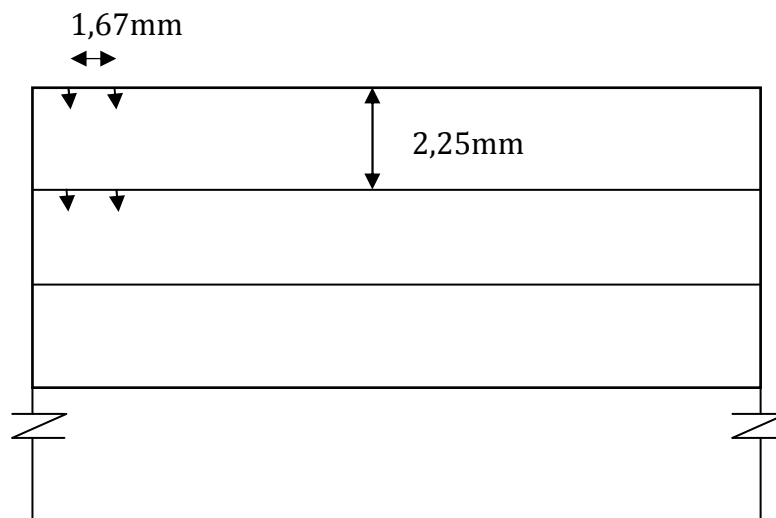
$$Q_{real} = N^{\circ}boq \cdot K \cdot \sqrt{P_{min}} = 5532 \text{ lpm}$$

El diámetro de la tubería que va al puesto de control suponiendo una velocidad máxima de 6 m/s es:

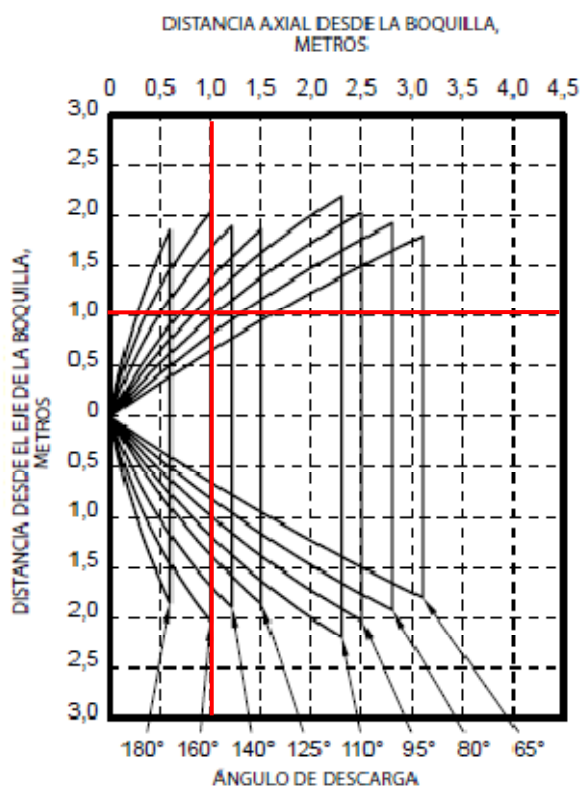
$$\phi_{pto\ control} = \sqrt{\frac{21,22 \cdot Q_{real}}{v}} = 139,9 \text{ mm} \approx 6 \text{ ''}$$

Dado que la plataforma tiene 14 m de ancho y 17,5 m de largo (cada una de las dos zonas), la mejor opción es poner 9 filas de boquillas con una separación entre filas de 2,25 m; y 9 boquillas en cada una de las filas, con una separación entre boquillas de 1,67 m.

El esquema es el siguiente:



El ángulo de descarga de las boquillas ha de ser capaz de cubrir una distancia axial de 1 m (distancia de la plataforma a las boquillas) y una distancia radial de al menos 1 m para que se cumpla la condición de solapamiento del 10% de su apertura total. Por tanto son válidos los ángulos de descarga comprendidos entre 110° y 160°.



Otras plataformas en cúpula, escalera y ascensor

Estos equipos también se encuentran en la parte superior del tanque de GNL. La superficie a proteger es 395 m². Es necesario dividir la superficie en dos zonas ya que debido a la altura a la que se encuentran los equipos a proteger, es necesario disponer de mucha presión; debido a la presión y al caudal necesario, el diámetro del puesto de control se encontraría por encima de 8" que no suele ser lo habitual salvo en casos excepcionales; por lo tanto, se divide en dos la superficie a proteger y aunque la presión siga siendo elevada, el caudal disminuye y por consiguiente también el diámetro del puesto de control.

La superficie de cada una de las zonas a proteger es de 197,5 m².

Puesto que la densidad de descarga es de 10,2 l/min·m², el caudal teórico necesario es:

$$Q_{teorico} = Area \cdot densidad = 2014,5 \text{ lpm} = 120,87 \text{ m}^3/h$$

Teniendo en cuenta el 10% de gradiente hidráulico de sobre-diseño:

$$Q_{10\%gradiente} = 1,1 \cdot Q_{teorico} = 2215 \text{ lpm} = 132,92 \text{ m}^3/h$$

En este caso, la protección de ambas zonas no es simétrica, ya que los equipos se encuentran distribuidos por la cúpula del tanque de forma no simétrica. Por lo tanto podemos distinguir dos zonas:

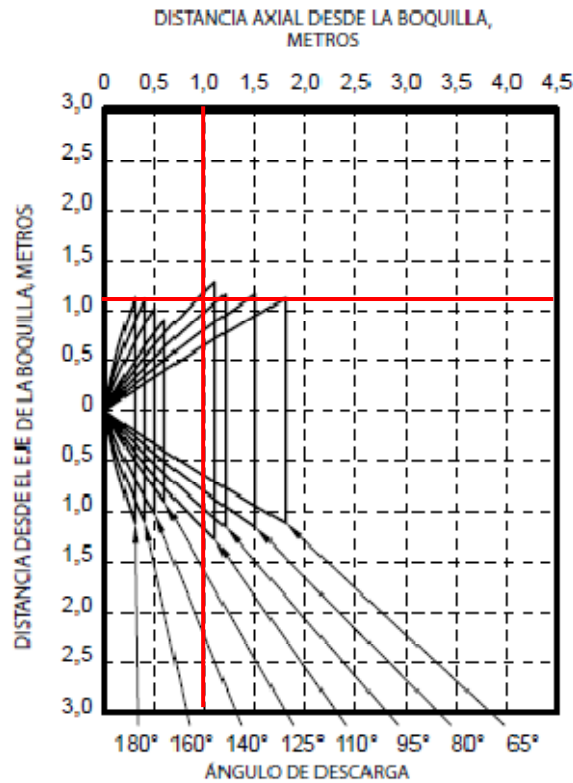
Zona 1: la solución óptima es colocar 90 boquillas con un factor K de 17,3 l/min·bar^{0.5}, por lo tanto el caudal real es:

$$Q_{real} = N^{o}boq \cdot K \cdot \sqrt{P_{min}} = 2461,83 \text{ lpm}$$

El diámetro de la tubería que va al puesto de control suponiendo una velocidad máxima de 6 m/s es:

$$\phi_{pto \text{ control}} = \sqrt{\frac{21,22 \cdot Q_{real}}{v}} = 93,31 \text{ mm} \approx 4 \text{ ''}$$

La distancia máxima entre boquillas contiguas es de 1,88 m, por lo tanto la apertura radial de las boquillas debe ser al menos 1,1 m para que cumpla la condición de solapamiento del 10%. La distancia axial de las boquillas a las plataformas es como máximo de 1 m, por tanto el único ángulo de descarga que cumple estas condiciones es 110°.



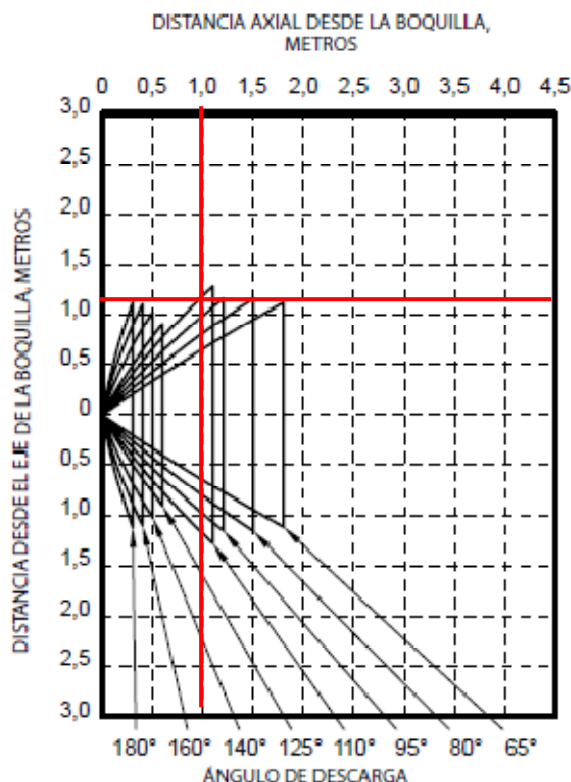
Zona 2: la solución óptima es colocar 84 boquillas con un factor K de 17,3 l/min·bar^{0.5}, por lo tanto el caudal real es:

$$Q_{real} = N^{\circ}boq \cdot K \cdot \sqrt{P_{min}} = 2297,7 \text{ lpm}$$

El diámetro de la tubería que va al puesto de control suponiendo una velocidad máxima de 6 m/s es:

$$\phi_{pto \text{ control}} = \sqrt{\frac{21,22 \cdot Q_{real}}{v}} = 90,14 \text{ mm} \approx 4 \text{ ''}$$

La distancia máxima entre boquillas contiguas es de 1,88 m, por lo tanto la apertura radial de las boquillas debe ser al menos 1,1 m para que cumpla la condición de solapamiento del 10%. La distancia axial de las boquillas a las plataformas es como máximo de 1 m, por tanto el único ángulo de descarga que cumple estas condiciones es 110°.



Tuberías y bandejas de cables que suben a la cúpula del tanque

Estos equipos se encuentran en el lateral del tanque de GNL, su posición es vertical, van desde la zona inferior del tanque a la zona superior, por lo que su longitud corresponde con la altura del tanque.

La superficie total a proteger es 828 m². Es necesario dividir la superficie en dos zonas ya que, debido a la altura a la que hay que llevar la protección, es necesario disponer de mucha presión. Debido a la presión y al caudal necesario, el diámetro del puesto de control se encontraría por encima de 8", que no es lo recomendable.

La superficie de cada una de las zonas a proteger es de 414 m².

Puesto que la densidad de descarga es de 8 l/min·m², el caudal teórico necesario es:

$$Q_{teorico} = Area \cdot densidad = 3312 \text{ lpm} = 198,72 \text{ m}^3/h$$

Teniendo en cuenta el 10% de gradiente hidráulico de sobre-diseño:

$$Q_{10\%gradiente} = 1,1 \cdot Q_{teorico} = 3643,2 \text{ lpm} = 218,59 \text{ m}^3/h$$

En este caso, la protección de ambas zonas sí es simétrica, por lo que se explica una de las zonas y la otra es igual.

La solución óptima sería poner 89 boquillas con un factor K de 25,9 l/min·bar^{0.5}, pero para conseguir la simetría, es necesario colocar 90 boquillas, por lo que el caudal real es:

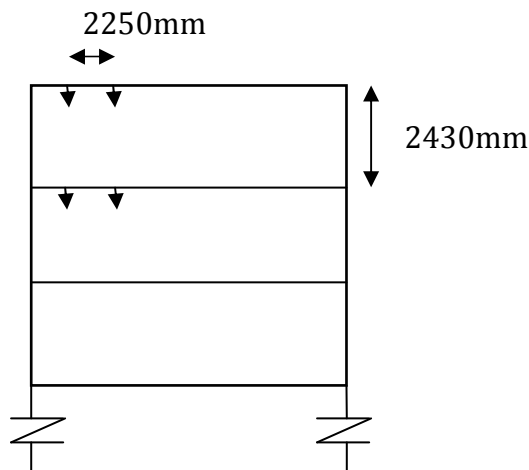
$$Q_{real} = N^{o}boq \cdot K \cdot \sqrt{P_{min}} = 3685,63 \text{ lpm}$$

El diámetro de la tubería que va al puesto de control suponiendo una velocidad máxima de 6 m/s es:

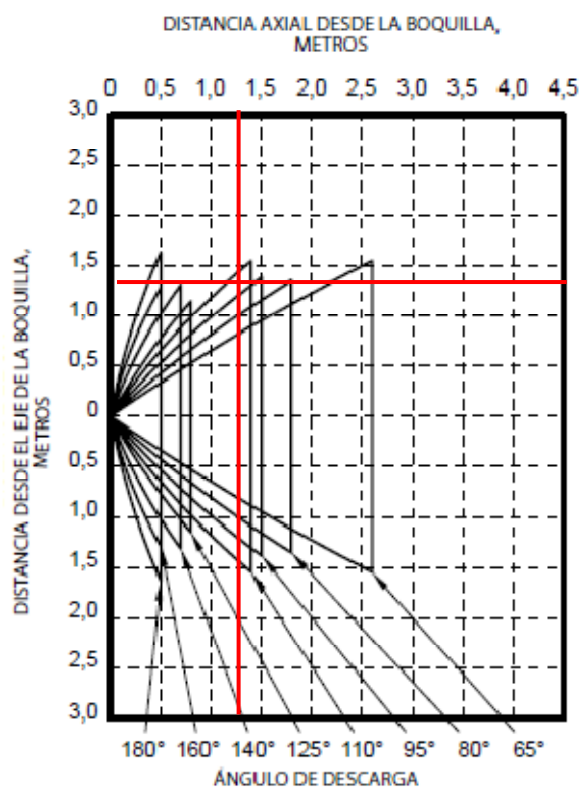
$$\phi_{pto\ control} = \sqrt{\frac{21,22 \cdot Q_{real}}{v}} = 114,7 \text{ mm} \approx 4''$$

El anillo guarda una distancia respecto a las tuberías, en este caso se ha decidido separarlo 1,3 m. Las 90 boquillas se colocan en 18 filas, cada una de ellas con 5 boquillas. La distancia entre boquillas contiguas es de 2,25 m.

El esquema es el siguiente:



Son válidas las boquillas cuyo ángulo de descarga sea 110° ya que la distancia axial máxima desde la boquilla a las tuberías es de 1,3 m y tiene que cubrir una distancia radial de al menos 1,3 m para que se solape un 10% de su apertura, por lo tanto son válidos aquellos ángulos capaces de cubrir estas distancias o superiores.



Plataforma racks válvulas de depósito

Existen dos zonas donde se encuentran las plataformas racks válvulas de depósito, una en la base de cada uno de los tanques de GNL. La superficie a proteger de cada una de ellas es de 168 m².

Puesto que la densidad de descarga es de 10,2 l/min·m², el caudal teórico necesario es:

$$Q_{teorico} = Area \cdot densidad = 1713,6 \text{ lpm}$$

Teniendo en cuenta el 10% de gradiente hidráulico de sobre-diseño, el caudal teórico es:

$$Q_{10\%gradiente} = 1,1 \cdot Q_{teorico} = 1884,96 \text{ lpm}$$

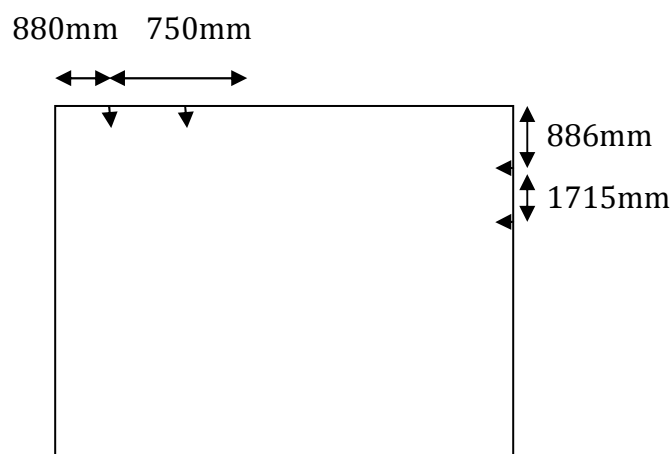
La solución que optimizaría el resultado sería poner 16 boquillas con un factor K de $80,6 \text{ l/min} \cdot \text{bar}^{0.5}$, pero con este número de boquillas no se consigue una estructura simétrica ni se asegura la protección de toda la superficie ya que no se cumple en todos los puntos la condición de solapamiento del 10%, por lo que es necesario poner 30 boquillas con un factor K de $43,2 \text{ l/min} \cdot \text{bar}^{0.5}$. El caudal real es:

$$Q_{real} = N^{\circ}boq \cdot K \cdot \sqrt{P_{min}} = 2049 \text{ lpm}$$

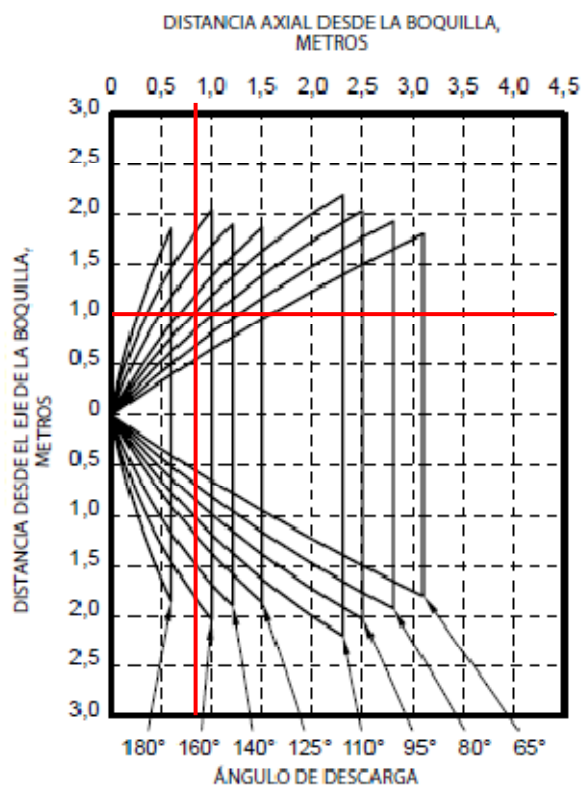
El diámetro de la tubería que va al puesto de control es de:

$$\phi_{pto\ control} = \sqrt{\frac{21,22 \cdot Q_{real}}{v}} = 85,12 \text{ mm} \approx 3"$$

Las boquillas se encuentran separadas 1,715 m en el lado menor del anillo y 1,75 m en el lado mayor. La disposición de las boquillas en el anillo es de 7 boquillas en el lado menor del anillo y 8 boquillas en el lado mayor:



La boquilla ha de ser capaz de cubrir una distancia axial de 0.8 m (ya que es la distancia de las boquillas a la plataforma) y una distancia radial de al menos 1 m (dado que la distancia máxima entre boquillas es de 1,75 m) para que se cumpla la condición de solapamiento del 10% de su apertura total. Por tanto es válido los ángulos de descarga comprendidos entre 110° y 160°.



8.5.3.2 HYDRO-SHIELDS (CORTINAS DE AGUA)

Plataforma de válvulas de corte en estructura rack interconexión a pie de tanque

El perímetro a proteger es de 60 metros en cada una de las plataformas.

En este caso el caudal de agua necesario para proteger cada una de las plataformas es:

$$Q_{teorico} = \text{perímetro} \cdot \text{densidad} = 60 \cdot 70 = 4200 \text{ lpm}$$

Al igual que en el sistema de agua pulverizada, hay que tener en cuenta el 10% de gradiente hidráulico de sobrediseño, el caudal teórico es:

$$Q_{10\% \text{ gradiente}} = 1,1 \cdot Q_{teorico} = 4620 \text{ lpm}$$

Como conocemos el factor K, podemos obtener en número mínimo de hydro-shields necesarios con una presión en el más desfavorable de 5,5 bar a partir de:

$$N^{\circ} \text{mínimo de boquillas} = \frac{Q}{K \cdot \sqrt{P}} = \frac{4620}{219 \cdot \sqrt{5,5}} = 8,99 \text{ hydro-shields}$$

Por tanto, son necesarios al menos 9 hydro-shields, pero es imposible que con estos se pueda llegar a cubrir todo el perímetro cumpliendo la condición de altura mínima 5 m, por consiguiente son necesarios 10 hydro-shields para cumplir las condiciones.

Por lo que el caudal real es:

$$Q_{real} = N^{\circ}boq \cdot K \cdot \sqrt{P_{min}} = 5136 \text{ lpm}$$

El diámetro de la tubería que va al puesto de control es de:

$$\phi_{pto \text{ control}} = \sqrt{\frac{21,22 \cdot Q_{real}}{v}} = 134,77 \text{ mm} \approx 5"$$

8.5.4 Balsa de recogida de derrames

8.5.4.1 SISTEMA DE ESPUMA

Existen cinco balsas de recogida de derrames, hay una para cada par de tanques de almacenamiento de GNL, puesto que normalmente hay dos contruidos y otros dos en previsión, los cálculos se van a realizar suponiendo que están todos contruidos, por lo

que hay dos balsas de derrames para los cuatro tanques. Existe una balsa en el área de procesos, una balsa en el área del pantalán y la última se encuentra en el cargadero de cisternas.

Para el cálculo hidráulico es necesario tener en cuenta que se trata de espuma de alta expansión, por lo que la concentración del espumógeno es 3%.

El generador seleccionado es el GAE 250 de la empresa Viking, su ficha técnica se encuentra en el Anexo VI.

Balsa de recogida área de almacenamiento

Como ya se ha mencionado anteriormente en el apartado 5.3.6, el caudal de descarga viene dado por:

$$R = \left(\frac{V}{T} + R_s \right) \cdot C_n \cdot C_s$$

Dado que el volumen a inundar es de 588 m³, y el tiempo de inundación es de 3 min (ya que se trata de un líquido inflamable cuyo punto de inflamación se encuentra por encima de los 38°C, ver tabla 7 [15]) el caudal de descarga (R) es de 270,5 m³/min=16230m³/h.

Table 6.12.7.1 Maximum Submergence Time for High-Expansion Foam Measured from Start of Foam Discharge in Minutes

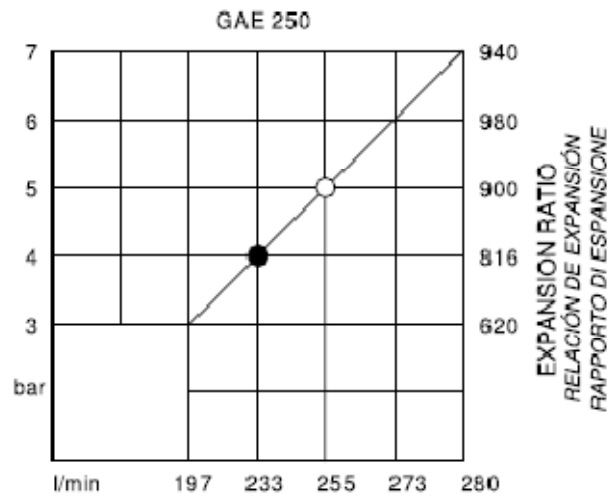
| Hazard | Light or Unprotected Steel Construction | | Heavy or Protected or Fire-Resistive Construction | |
|---|---|-----------------|---|-----------------|
| | Sprinklered | Not Sprinklered | Sprinklered | Not Sprinklered |
| Flammable liquids [flash points below 38°C (100°F)] having a vapor pressure not exceeding 276 kPa (40 psia) | 3 | 2 | 5 | 3 |
| Combustible liquids [flash points of 38°C (100°F) and above] ^a | 4 | 3 | 5 | 3 |
| Low-density combustibles (i.e., foam rubber, foam plastics, rolled tissue, or crepe paper) | 4 | 3 ^b | 6 | 4 ^b |
| High-density combustibles (i.e., rolled paper kraft or coated banded) | 7 | 5 ^b | 8 | 6 ^b |
| High-density combustibles (i.e., rolled paper kraft or coated unbanded) | 5 | 4 ^b | 6 | 5 ^b |
| Rubber tires | 7 | 5 ^b | 8 | 6 ^b |
| Combustibles in cartons, bags, or fiber drums | 7 | 5 ^b | 8 | 6 ^b |

^aPolar solvents are not included in this table. Flammable liquids having boiling points less than 38°C (100°F) might require higher application rates. See NFPA 30.

^bThese submergence times might not be directly applicable to storage piled above 4.6 m (15 ft) or where fire spread through combustible contents is very rapid.

Tabla 7. Tiempo de inundación

Para saber el número de generadores necesarios, hay que tener en cuenta la expansión de espuma producida por generador, la cual se puede obtener a partir de los datos aportados por el fabricante:



El ratio de expansión a 4 bar es 1: 816, dado que el caudal de mezcla aportado por generador es de 233 lpm, la expansión de la espuma es de 190,1 m³/min por generador, por lo que son necesarios:

$$N^{\circ}generadores = \frac{R}{Expansión\ espuma} = 1,42$$

Por lo que son imprescindibles dos generadores.

Los caudales necesarios tanto de agua como de espumógeno son:

$$Q_{agua} = Q_{mezcla\ generador} \cdot N^{\circ}generadores = 466\ lpm = 27,960\ m^3/h$$

$$Q_{espumógeno} = Q_{agua} \cdot \% espumógeno = 13,98lpm = 0,84\ m^3/h$$

Por norma, tanto la reserva de agua como la de espumógeno han de calcularse para un tiempo de funcionamiento mayor de 4 inundaciones, por lo tanto mayor de 12 minutos, por lo que se eligen 15 minutos.

$$Reserva_{espumógeno} = Q_{espumógeno} \cdot t_{sup.4\ inundaciones} = 209,7\ litros$$

$$Reserva_{agua} = Q_{agua} \cdot t_{sup.4 inundaciones} = 6990 \text{ litros}$$

Dado que ninguna norma dice dónde han de colocarse los generadores de espuma, estos se distribuirán de forma simétrica en la zona a proteger y en la zona superior del cubeto.

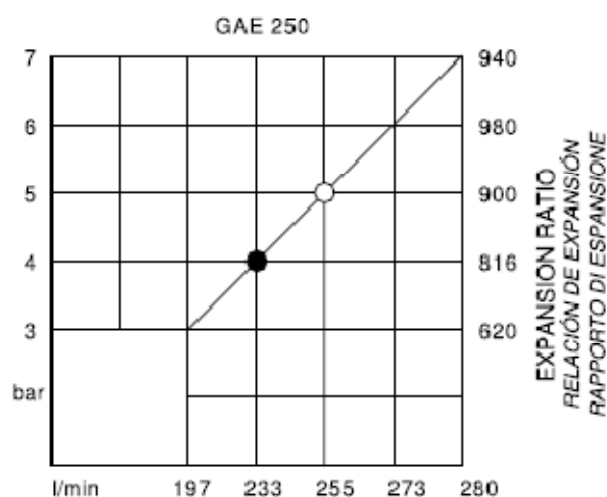
Balsa de recogida en el área de procesos

El caudal necesario de espuma expandida es:

$$R = \left(\frac{V}{T} + R_s \right) \cdot C_n \cdot C_s$$

Dado que el volumen a inundar es de 250 m³, y el tiempo de inundación es de 3 min (ya que se trata de un líquido inflamable cuyo punto de inflamación se encuentra por encima de los 38°C, ver figura 36) el caudal de espuma expandida necesario (R) es de 11 m³/min.

Para saber el número de generadores necesarios, hay que tener en cuenta la expansión de espuma producida por generador, la cual se puede obtener a partir de los datos aportados por el fabricante:



El ratio de expansión a 4 bar es 1: 816, dado que el caudal de mezcla aportado por generador es de 233 lpm, la expansión de la espuma es de 190,1 m³/min por generador, por lo que son necesarios:

$$N^{\circ}generadores = \frac{R}{Expansión\ espuma} = 0,6$$

Por lo que es imprescindible un generador.

Los caudales necesarios tanto de agua como de espumógeno son:

$$Q_{agua} = Q_{mezcla\ generador} \cdot N^{\circ}generadores = 233\ lpm = 13,98\ m^3/min$$

$$Q_{espumógeno} = Q_{agua} \cdot \% espumógeno = 6,99\ lpm = 0,42\ m^3/min$$

Por norma, tanto la reserva de agua como la de espumógeno han de calcularse para un tiempo de funcionamiento mayor de 4 inundaciones, por lo tanto mayor de 12 minutos, por lo que se eligen 15 minutos.

$$Reserva_{espumógeno} = Q_{espumógeno} \cdot t_{sup.4\ inundaciones} = 104,85\ litros$$

$$Reserva_{agua} = Q_{agua} \cdot t_{sup.4\ inundaciones} = 3495\ litros$$

Dado que ninguna norma dice dónde han de colocarse los generadores de espuma, estos se distribuirán de forma simétrica en la zona a proteger y en la zona superior del cubeto.

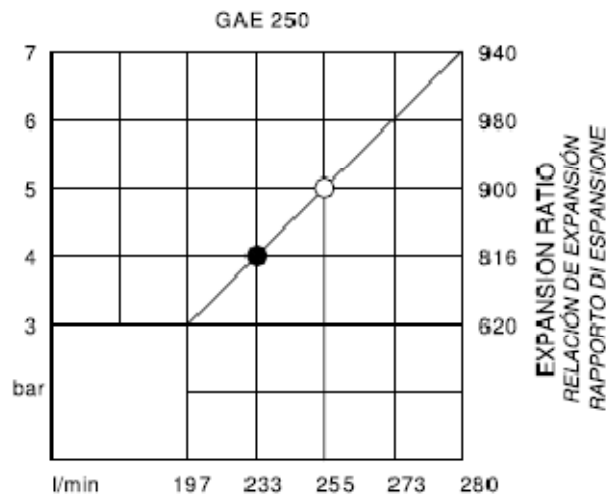
Balsa de recogida en el área del pantalán

El caudal necesario de espuma expandida es:

$$R = \left(\frac{V}{T} + R_s \right) \cdot C_n \cdot C_s$$

Dado que el volumen a inundar es de 1134 m³, y el tiempo de inundación es de 3 min (ya que se trata de un líquido inflamable cuyo punto de inflamación se encuentra por encima de los 38°C, ver figura 36) el caudal de descarga (R) es de 521,64 m³/min.

Para saber el número de generadores necesarios, hay que tener en cuenta la expansión de espuma producida por generador, la cual se puede obtener a partir de los datos aportados por el fabricante:



El ratio de expansión a 4 bar es 1: 816, dado que el caudal de mezcla aportado por generador es de 233 lpm, la expansión de la espuma es de 190,1 m³/min por generador, por lo que son necesarios:

$$N^{\circ} \text{generadores} = \frac{R}{\text{Expansión espuma}} = 2,74$$

Por lo que son imprescindibles tres generadores.

Los caudales necesarios tanto de agua como de espumógeno son:

$$Q_{\text{agua}} = Q_{\text{mezcla generador}} \cdot N^{\circ} \text{generadores} = 699 \text{ lpm} = 41,94 \text{ m}^3/\text{min}$$

$$Q_{\text{espumógeno}} = Q_{\text{agua}} \cdot \% \text{ espumógeno} = 20,97 \text{ lpm} = 1,26 \text{ m}^3/\text{min}$$

Por norma, tanto la reserva de agua como la de espumógeno han de calcularse para un tiempo de funcionamiento mayor de 4 inundaciones, por lo tanto mayor de 12 minutos, por lo que se eligen 15 minutos.

$$Reserva_{\text{espumógeno}} = Q_{\text{espumógeno}} \cdot t_{\text{sup.4 inundaciones}} = 314,55 \text{ litros}$$

$$Reserva_{\text{agua}} = Q_{\text{agua}} \cdot t_{\text{sup.4 inundaciones}} = 10485 \text{ litros}$$

Dado que ninguna norma dice dónde han de colocarse los generadores de espuma, estos se distribuirán de forma simétrica en la zona a proteger y en la parte superior del cubeto.

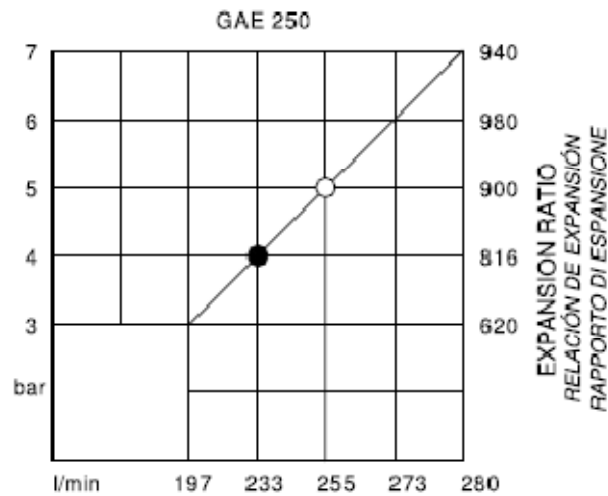
Balsa de recogida en el área de cisternas

Como ya se ha mencionado anteriormente, el caudal de descarga viene dado por:

$$R = \left(\frac{V}{T} + R_s \right) \cdot C_n \cdot C_s$$

Dado que el volumen a inundar es de 144 m³, y el tiempo de inundación es de 3 min (ya que se trata de un líquido inflamable cuyo punto de inflamación se encuentra por encima de los 38°C) el caudal de descarga (R) es de 66,24 m³/min.

Para saber el número de generadores necesarios, hay que tener en cuenta la expansión de espuma producida por generador, la cual se puede obtener a partir de los datos aportados por el fabricante:



El ratio de expansión a 4 bar es 1: 816, dado que el caudal de mezcla aportado por generador es de 233 lpm, la expansión de la espuma es de 190,1 m³/min por generador, por lo que son necesarios:

$$N^{\circ}generadores = \frac{R}{Expansión\ espuma} = 0,35$$

Por lo que es necesario un generador.

Los caudales necesarios tanto de agua como de espumógeno son:

$$Q_{agua} = Q_{mezcla\ generador} \cdot N^{\circ}generadores = 233\ lpm = 13,98\ m^3/min$$

$$Q_{espumógeno} = Q_{agua} \cdot \% espumógeno = 6,99\ lpm = 0,42\ m^3/min$$

Por norma, tanto la reserva de agua como la de espumógeno han de calcularse para un tiempo de funcionamiento mayor de 4 inundaciones, por lo tanto mayor de 12 minutos, por lo que se eligen 15 minutos.

$$Reserva_{espumógeno} = Q_{espumógeno} \cdot t_{sup.4 inundaciones} = 104,85 \text{ litros}$$

$$Reserva_{agua} = Q_{agua} \cdot t_{sup.4 inundaciones} = 3495 \text{ litros}$$

Dado que ninguna norma dice dónde han de colocarse los generadores de espuma, estos se distribuirán de forma simétrica en la zona a proteger y en la parte superior del cubeto.

8.5.5 VAPORIZADOR COMBUSTIÓN SUMERGIDA

8.5.5.1 SISTEMA DE AGUA PULVERIZADA

La superficie a proteger de la plataforma de manifold y de la zona alta de mecheros es de 32,85 m².

Puesto que la densidad de descarga es de 20,4 l/min·m², el caudal teórico necesario es:

$$Q_{teorico} = Area \cdot densidad = 670,14 \text{ lpm}$$

Teniendo en cuenta el 10% de gradiente hidráulico de sobrediseño, el caudal teórico es:

$$Q_{10\% \text{ gradiente}} = 1,1 \cdot Q_{teorico} = 737,15 \text{ lpm}$$

La solución óptima es poner 44 boquillas con un factor K de 17,3 l/min·bar^{0.5}. Obteniéndose un caudal real:

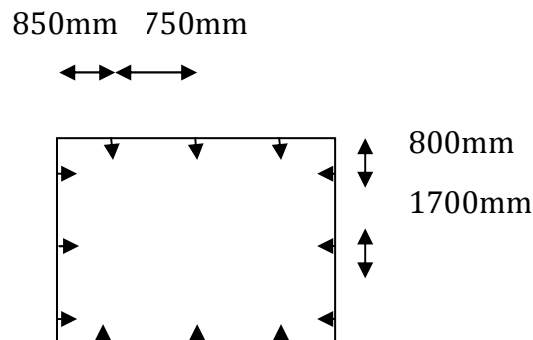
$$Q_{real} = N^{º}boq \cdot K \cdot \sqrt{P_{min}} = 1203,56 \text{ lpm}$$

Este valor, se aleja del caudal teniendo en cuenta el gradiente hidráulico, debido a que es imposible cubrir todo el área con el mínimo número de boquillas ya que no se cumple la

condición de que los paraguas han de solaparse al menos el 10% de la apertura total de cada boquilla, por tanto se necesita un mayor número de boquillas, lo que implica un mayor caudal. Con otras palabras, si utilizas un factor K mediano o grande tienes tan pocas boquillas que la condición de que los paraguas han de solaparse un 10% de la apertura total no se cumpliría, por tanto se necesitan más boquillas, cuantas más boquillas pongas con menor K mas se acercará al caudal teórico calculado.

El sistema de agua pulverizada en los vaporizadores de combustión sumergida se encarga de cubrir dos zonas: la correspondiente a la zona de la plataforma manifold y la zona alta de mecheros. La plataforma manifold se protege con un único anillo, mientras que la zona alta de mecheros se protege con dos anillos:

- Plataforma manifold: consta de 12 boquillas, las cuales se encuentran separadas una distancia de 1,75 metros en el lado mayor y 1,7 m en el lado menor (ver figura).

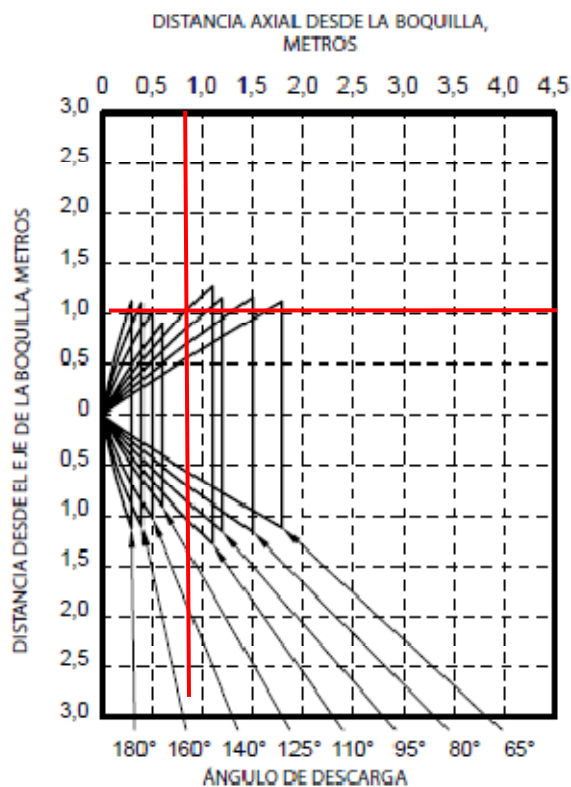


El diámetro de este anillo es:

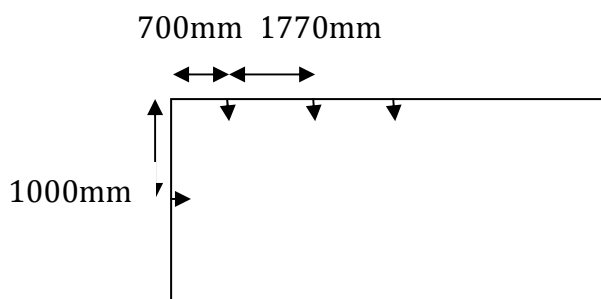
$$\phi_{anillo} = \sqrt{\frac{21,22 \cdot Q_{real}}{v}} = \sqrt{\frac{21,22 \cdot N^{boq. anillo} \cdot K \cdot \sqrt{P_{min}}}{v}} = 34,07 \approx 1 \frac{1}{4}"$$

El ángulo de descarga de las boquillas de este anillo, ha de ser capaz de cubrir una distancia axial de 0,85 m (es la distancia que hay desde las boquillas a la superficie de la plataforma) y una distancia radial de al menos 1 m para que se cumpla la condición de

solapamiento del 10% de su apertura total. Por tanto solo es válido el ángulo de descarga 110°.



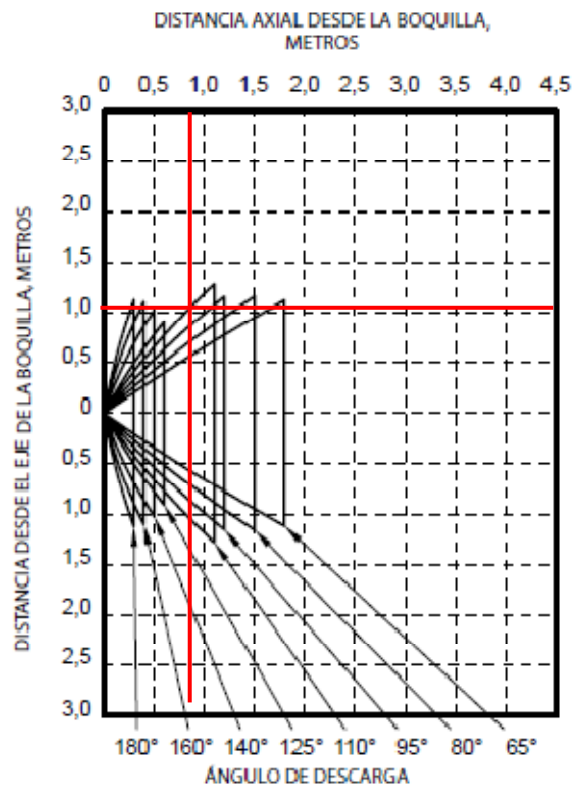
- Zona alta de mecheros: consta de dos anillos, cada uno de los cuales tiene 16 boquillas, en el lado menor hay una única boquilla y en el lado mayor hay 7 boquillas espaciadas 1,77m.



El diámetro de este anillo es:

$$\phi_{anillo} = \sqrt{\frac{21,22 \cdot Q_{real}}{v}} = \sqrt{\frac{21,22 \cdot N^{\circ}boq. anillo \cdot K \cdot \sqrt{P_{min}}}{v}} = 39,34 \approx 1 \frac{1}{4}''$$

El ángulo de descarga de las boquillas de esta zona ha de ser capaz de cubrir una distancia axial de 0,8 m (distancia a la zona alta de mecheros) y una distancia radial de al menos 1m para que se cumpla la condición de solapamiento del 10% de su apertura total. Por tanto solo es válido el ángulo de descarga 110°.



8.5.5.2 HYDRO-SHIELDS (CORTINAS DE AGUA)

El perímetro a proteger es de 93 metros.

En este sistema también se tiene dos zonas diferenciadas a proteger: alrededor del vaporizador y en la plataforma de válvulas.

El caudal de agua necesario para proteger ambas zonas es:

$$Q_{teorico\ por\ grupo} = perimetro \cdot densidad = 93 \cdot 70 = 6510\ lpm$$

Al igual que en el sistema de agua pulverizada, hay que tener en cuenta el 10% de gradiente hidráulico de sobrediseño, el caudal teórico es:

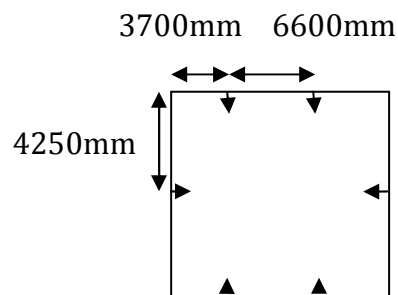
$$Q_{10\%\ gradiente} = 1,1 \cdot Q_{teorico} = 7161\ lpm$$

Como conocemos el factor K, podemos obtener en número mínimo de hydro-shields necesarios con una presión en el más desfavorable de 5,5 bar a partir de:

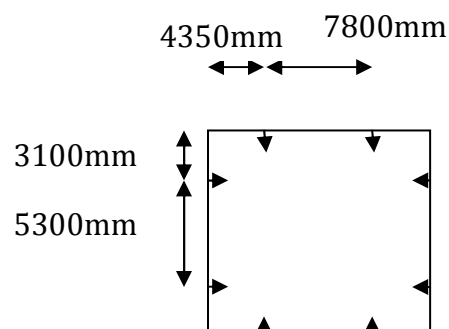
$$N^{\circ}mínimo\ de\ boquillas = \frac{Q}{K \cdot \sqrt{P}} = \frac{7161}{219 \cdot \sqrt{5,5}} = 13,94\ hydro - shields$$

Por tanto son necesarios al menos 14 hydro-shields, que se distribuyen de la siguiente manera:

- Alrededor del vaporizador: se colocan 6 hydro-shields de la siguiente manera:



- Plataforma de válvulas: se colocan 8 hydro-shields de la siguiente manera:



Distribuyéndolos a lo largo del perímetro, se cumple la condición de altura mínima 5 metros y presión en el hydro-shield más desfavorable de 5,5 bar, por tanto la solución dada es la óptima. El caudal real necesario es:

$$Q_{real\ superior} = N^{\circ}hydro - shields \cdot K \cdot \sqrt{P_{min}} = 14 \cdot 219 \cdot \sqrt{5,5} = 7190,4\ lpm$$

El diámetro necesario para una velocidad máxima de 6 m/s es de:

$$\phi_{superior} = \sqrt{\frac{21,22 \cdot Q_{real}}{v}} = 159,47\ mm \approx 6"$$

8.5.6 VAPORIZADOR DE AGUA DE MAR

8.5.6.1 SISTEMA DE AGUA PULVERIZADA

La superficie a proteger de cada vaporizador es: 75,48 m².

Hay 4 vaporizadores reales y 2 en previsión (en un futuro probablemente las haya), por tanto es necesario dimensionar el sistema de agua pulverizada suponiendo que existen los 6 vaporizadores de agua de mar.

Se dividen los vaporizadores en tres grupos de equipos a proteger (cada uno de ellos consta de dos vaporizadores), ya que si se protegieran todos con un mismo puesto de control el diámetro del mismo sería superior a 8". Por tanto la superficie a proteger de cada grupo es de 151 m².

Puesto que la densidad de descarga es de 20,4 l/min·m², el caudal teórico necesario es:

$$Q_{teorico} = Area \cdot densidad = 151 \cdot 20,4 = 3080,4\ lpm$$

Teniendo en cuenta el 10% de gradiente hidráulico de sobrediseño:

$$Q_{10\%gradiente} = 1,1 \cdot Q_{teorico} = 3388\ lpm$$

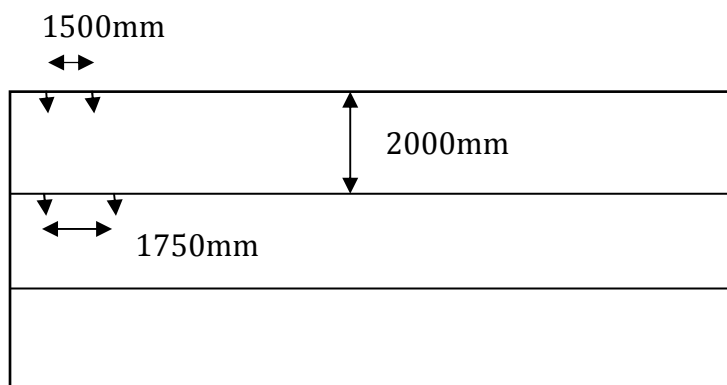
La solución óptima es poner 50 boquillas con un factor K de 43,2 l/min·bar^{0.5}.
Obteniéndose un caudal real:

$$Q_{real} = N^{\circ}boq \cdot K \cdot \sqrt{P_{min}} = 3415 \text{ lpm}$$

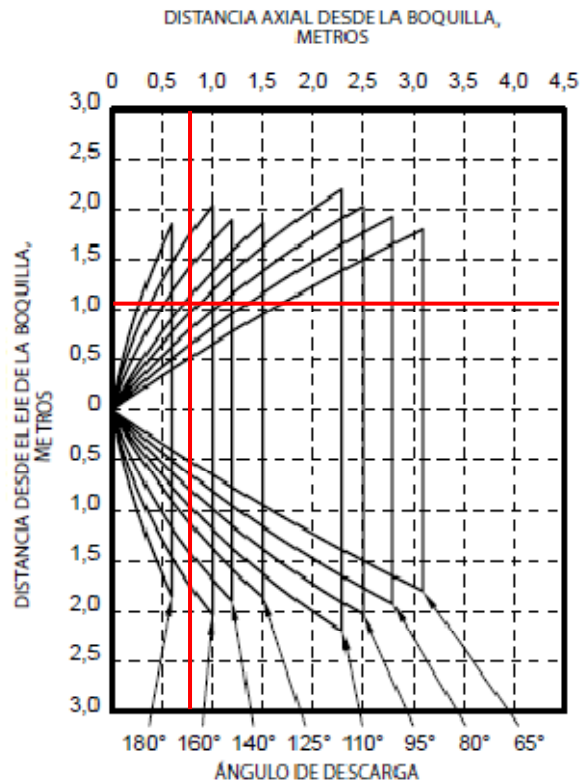
El diámetro de la tubería que va al puesto de control es de:

$$\phi_{pto \text{ control}} = \sqrt{\frac{21,22 \cdot Q_{real}}{v}} = 109,9 \text{ mm} \approx 2 \text{ ''}$$

En cada uno de los vaporizadores se colocan 25 boquillas en cuatro filas, la primera consta de 7 boquillas y una distancia entre ellas de 1,5 m, mientras que en el resto se colocan 6 boquillas con una distancia entre ellas de 1,75 m.



Por consiguiente, el ángulo de descarga de las boquillas ha de ser capaz de cubrir una distancia axial de 0,8 m (distancia de las boquillas a los vaporizadores) y una distancia radial de al menos 1 m para que se cumpla la condición de solapamiento del 10% de su apertura total. Por tanto son válidos los ángulos de descarga comprendidos entre 125° y 160°.



8.5.6.2 HYDRO-SHIELDS (CORTINAS DE AGUA)

El perímetro a proteger es de 73 metros (cada grupo de dos vaporizadores).

En este caso, el caudal de agua necesario para proteger ambas zonas es:

$$Q_{\text{teorico por grupo}} = \text{perímetro} \cdot \text{densidad} = 73 \cdot 70 = 5110 \text{ lpm}$$

Al igual que en el sistema de agua pulverizada, hay que tener en cuenta el 10% de gradiente hidráulico de sobre-diseño, el caudal teórico es:

$$Q_{10\% \text{ gradiente}} = 1,1 \cdot Q_{\text{teorico}} = 5621 \text{ lpm}$$

Como el factor K es conocido, se puede obtener en número mínimo de hydro-shields necesarios con una presión en el más desfavorable de 5,5 bar a partir de:

$$N^{\circ} \text{mínimo de boquillas} = \frac{Q}{K \cdot \sqrt{P}} = \frac{5621}{219 \cdot \sqrt{5,5}} = 10,94 \text{ hydro-shields}$$

Por tanto, son necesarios al menos 11 hydro-shields; pero es imposible que con éstos se pueda llegar a cubrir todo el perímetro cumpliendo la condición de altura mínima 5 m, por consiguiente son necesarios 12 hydro-shields para cumplir las condiciones.

Por lo que el caudal real es:

$$Q_{real} = N^{\circ}boq \cdot K \cdot \sqrt{P_{min}} = 6163,2 \text{ lpm}$$

El diámetro de la tubería que va al puesto de control es de:

$$\phi_{pto \text{ control}} = \sqrt{\frac{21,22 \cdot Q_{real}}{v}} = 134,77 \text{ mm} \approx 5"$$

8.5.7 PLATAFORMA VÁLVULAS DE ATRAQUE

8.5.7.1 SISTEMA DE AGUA PULVERIZADA

PLATAFORMA DEL JETTY

La plataforma del Jetty es el área del embarcadero, su superficie a proteger es 184 m².

Puesto que la densidad de descarga es de 20,4 l/min·m², el caudal teórico necesario es:

$$Q_{teorico} = Area \cdot densidad = 184 \cdot 20,4 = 3753,6 \text{ lpm}$$

Teniendo en cuenta el 10% de gradiente hidráulico de sobrediseño:

$$Q_{10\% \text{ gradiente}} = 1,1 \cdot Q_{teorico} = 4128,96 \text{ lpm} = 247,74 \text{ m}^3/h$$

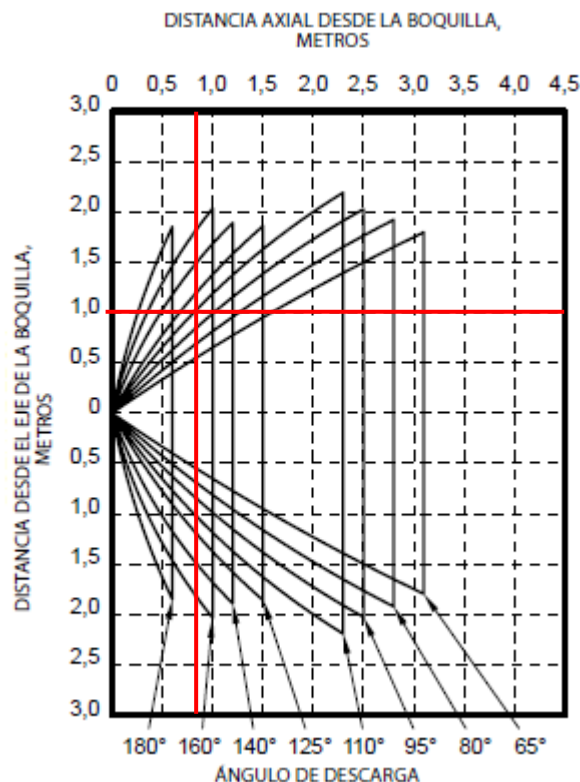
Utilizando la misma metodología que se viene utilizando, se obtiene que la solución óptima para no alejarse mucho del caudal teórico calculado consiste en poner 61 boquillas de factor K 43,2 2 l/min·bar^{0.5}, por lo tanto el caudal real necesario es:

$$Q_{real} = N^{º}boq \cdot K \cdot \sqrt{P_{min}} = 3416,6 \text{ lpm}$$

El diámetro de la tubería que va al puesto de control suponiendo una velocidad máxima de 6 m/s es:

$$\phi_{pto \text{ control}} = \sqrt{\frac{21,22 \cdot Q_{real}}{v}} = 109,9 \text{ mm} \approx 4 \text{ ''}$$

Dado que la plataforma tiene 6 m de ancho, es conveniente poner tres filas de boquillas, siendo la máxima distancia radial entre las contiguas de 1,76 m, por lo que el ángulo de descarga de las boquillas ha de ser capaz de cubrir una distancia axial de 0,8 m (distancia boquillas-plataforma) y una distancia radial de al menos 1 m para que se cumpla la condición de solapamiento del 10% de su apertura total. Por tanto son válidos los ángulos de descarga comprendidos entre 125° y 160°.



DEPÓSITO SEPARADOR DEL PANTALÁN (KO DRUM)

Este depósito sirve para asegurar que no se envíen líquidos a la antorcha, ya que se produciría el efecto conocido como lluvia de fuego, la superficie a proteger es de 113,4 m².

Puesto que la densidad de descarga es de 10,2 l/min·m², el caudal teórico necesario es:

$$Q_{teorico} = Area \cdot densidad = 1156,7 \text{ lpm}$$

Teniendo en cuenta el 10% de gradiente hidráulico de sobrediseño, el caudal teórico es:

$$Q_{10\% \text{ gradiente}} = 1,1 \cdot Q_{teorico} = 1272,37 \text{ lpm}$$

Hasta ahora, la altura de todos los recipientes tanto verticales como horizontales era mayor de 3,5 m, pero en este caso, la altura del depósito separador del pantalán es menor, por lo que en lugar de protegerse con un sistema de tuberías de tres anillos, solo es necesario poner dos anillos para su protección.

$$Q_{anillo \text{ superior}} = 0,75 \cdot Q_{10\% \text{ gradiente por bomba}} = 954,27 \text{ lpm} = 57,26 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_{anillo \text{ inferior}} = 0,25 \cdot Q_{10\% \text{ gradiente por bomba}} = 318,1 \text{ lpm} = 19,1 \text{ m}^3/\text{h}$$

1. ANILLO SUPERIOR

La solución óptima es poner 20 boquillas en el anillo con un factor K de 33,1 l/min·bar^{0.5}. Se colocarán tres boquillas en cada lado menor del anillo con una separación entre ellas de 1,7 m y 7 boquillas en cada uno de los lados mayores del anillo, con una separación entre ellas de 1,48 m.

El caudal real de este anillo sería:

$$Q_{real \text{ superior}} = N^{boq} \cdot K \cdot \sqrt{P_{min}} = 20 \cdot 33,1 \cdot \sqrt{2,5} = 1046,7 \text{ lpm}$$

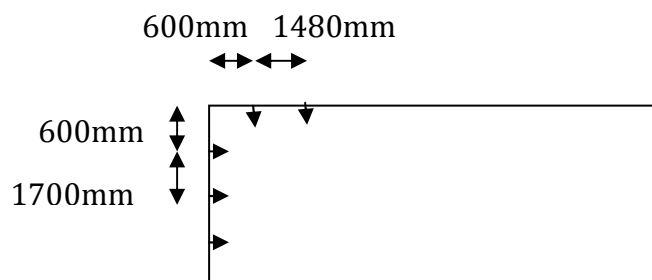
El diámetro de este anillo suponiendo velocidad máxima de 6 m/s será de:

$$\phi_{superior} = \sqrt{\frac{21,22 \cdot Q_{real superior}}{v}} = \sqrt{\frac{21,22 \cdot 1046,7}{6}} = 60,8 \text{ mm} \approx 2 \frac{1}{2}''$$

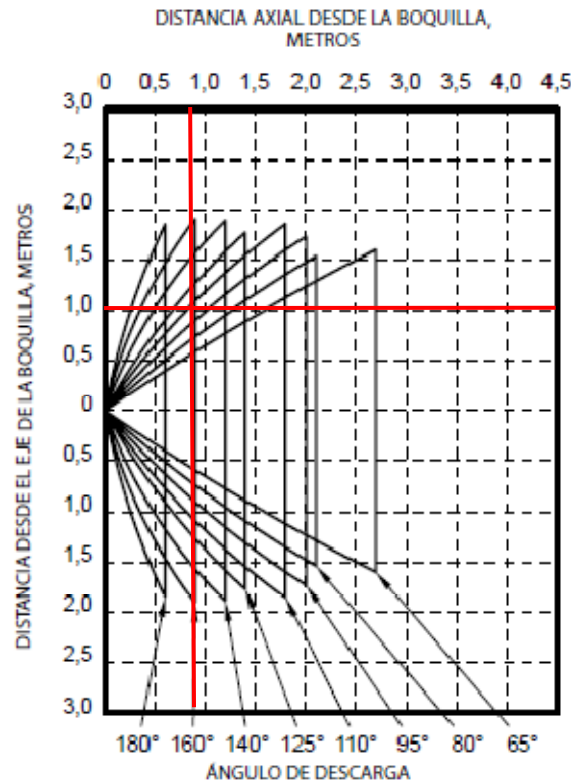
El anillo tiene que rodear al depósito separador del pantalán, y estar alejado de él una cierta distancia, en este caso, el depósito separador tiene una longitud de 8,5 m, por lo que se escoge un anillo cuyo lado mayor mide 10 m, por lo que cada uno de los lados menores se encuentran separados 0,75 m; el depósito tiene un diámetro de 3 m, y se escoge un anillo cuyo lado menor mide 4,6 m es decir, cada uno de los lados mayores está separado 0,8 m del depósito. Esta información es necesaria a la hora de escoger la boquilla, ya que cada boquilla de una misma familia (del mismo factor K) cubre una determinada distancia axial y radial.

Las boquillas en el lado mayor se encuentran separadas 1,48 m, mientras que en el lado menor esta distancia es mayor, su valor es 1,7 m.

El esquema del anillo es:



Son válidas las boquillas cuyo ángulo de descarga se encuentre comprendido entre los valores: 110° - 160° ya que la distancia axial máxima desde la boquilla al depósito es de 0,8 m y tiene que cubrir una distancia radial de al menos 1 m para que se solape un 10% de su apertura, por lo tanto son válidos aquellos ángulos capaces de cubrir estas distancias o superiores.



2. ANILLO INFERIOR

La solución óptima es poner 18 boquillas en el anillo con un factor K de 17,3 l/min·bar^{0.5}. Se colocarán tres boquillas en cada lado menor del anillo, con una separación entre ellas de 0,95 m y seis boquillas en cada uno de los lados mayores del anillo, con una separación entre ellas de 1,75 m.

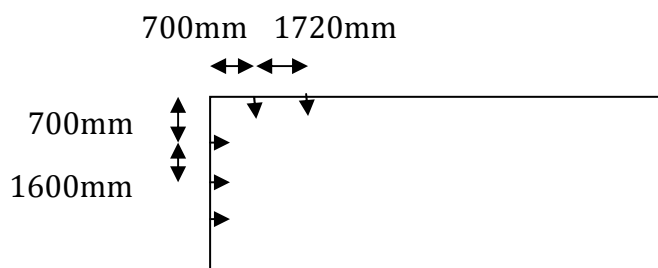
El caudal real de este anillo sería:

$$Q_{real superior} = N^{ºboq} \cdot K \cdot \sqrt{P_{min}} = 18 \cdot 17,3 \cdot \sqrt{2,5} = 492,36 \text{ lpm}$$

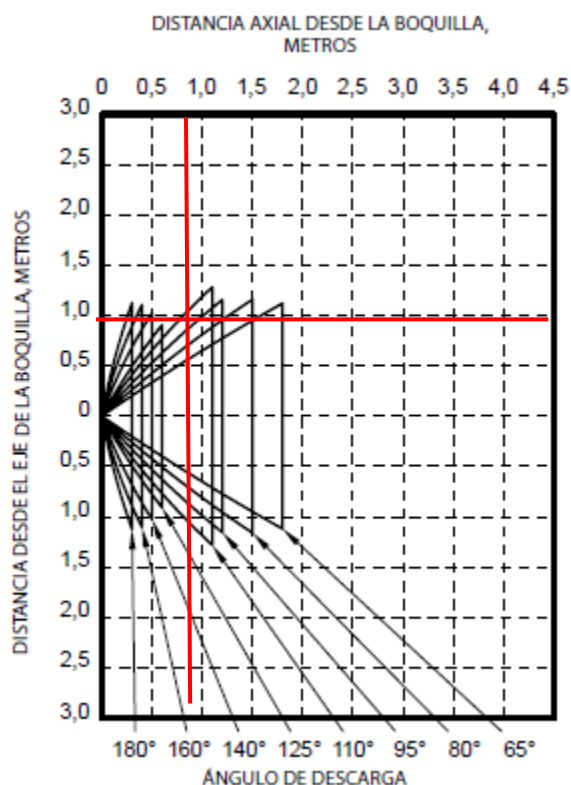
El diámetro de este anillo suponiendo velocidad máxima de 6 m/s será de:

$$\phi_{superior} = \sqrt{\frac{21,22 \cdot Q_{real superior}}{v}} = \sqrt{\frac{21,22 \cdot 492,36}{6}} = 41,8 \text{ mm} \approx 1 \frac{1}{2}''$$

El esquema del anillo es el siguiente:



Son válidas las boquillas cuyo ángulo de descarga sea 110° ya que es el único que cumple las condiciones de que la distancia axial desde la boquilla al depósito debe ser al menos de 0,8 m (es el mismo caso que el expuesto en el anillo superior) y tiene que cubrir una distancia radial de al menos 1 m para que se solape un 10% de su apertura.



SISTEMA COMPLETO

El caudal necesario para proteger la superficie del depósito separador del pantalán es de:

$$Q_{real} = Q_{real superior} + Q_{real inferior} = 1539,06 \text{ lpm}$$

El diámetro del colector que va al puesto de control es de (suponiendo velocidad máxima 6 m/s):

$$\phi_{pto control} = \sqrt{\frac{21,22 \cdot Q_{real}}{v}} = 73,77 \text{ mm} \approx 3"$$

8.5.7.2 HYDRO-SHIELDS (CORTINAS DE AGUA)

El perímetro total a proteger es de 155,6 metros, pero dado que no se puede proteger todo con un único sistema de cortinas ya que el diámetro que se obtendría en la tubería del puesto de control sería mayor de 8", es necesario proteger la plataforma mediante dos sistemas de cortinas, por lo que cada uno de ellos protegerá 77,8 m de perímetro de la plataforma.

En este caso el caudal de agua (teórico) necesario para proteger la superficie es:

$$Q_{teorico} = \text{perímetro} \cdot \text{densidad} = 77,8 \cdot 70 = 5446 \text{ lpm}$$

Al igual que en el sistema de agua pulverizada, hay que tener en cuenta el 10% de gradiente hidráulico de sobrediseño, el caudal teórico es:

$$Q_{10\% gradiente} = 1,1 \cdot Q_{teorico} = 5990,6 \text{ lpm}$$

Como conocemos el factor K, podemos obtener el número mínimo de hydro-shields necesarios con una presión en el más desfavorable de 5,5 bar a partir de:

$$N^{\circ} \text{mínimo de boquillas} = \frac{Q}{K \cdot \sqrt{P}} = \frac{5990,6}{219 \cdot \sqrt{5,5}} = 11,66 \text{ hydro - shields}$$

Por tanto, son necesarios al menos 12 hydro-shields, pero es imposible que con estos se pueda llegar a cubrir todo el perímetro (ya que es necesario proteger tanto la zona superior de la plataforma como la inferior) cumpliendo la condición de altura mínima 5 m, por consiguiente son necesarios 14 hydro-shields para cumplir las condiciones (7 de ellos protegerán la zona superior de la plataforma y los otros 7 la zona inferior de la plataforma).

El caudal real necesario para este sistema es:

$$Q_{real} = N^{\circ} \text{hydro} \cdot K \cdot \sqrt{P_{min}} = 7190,4 \text{ lpm}$$

El diámetro de la tubería que va al puesto de control suponiendo una velocidad máxima de 6 m/s es:

$$\phi_{pto \text{ control}} = \sqrt{\frac{21,22 \cdot Q_{real}}{v}} = 159,6 \text{ mm} \approx 6 \text{ ''}$$

8.5.8 RELICUADOR

8.5.8.1 SISTEMA DE AGUA PULVERIZADA

La superficie a proteger es de 63,8 m².

Puesto que la densidad de descarga es de 10,2 l/min·m², el caudal teórico necesario es:

$$Q_{teorico} = Area \cdot densidad = 650,76 \text{ lpm}$$

Teniendo en cuenta el 10% de gradiente hidráulico de sobrediseño, el caudal teórico es:

$$Q_{10\% \text{ gradiente}} = 1,1 \cdot Q_{\text{teorico}} = 715,84 \text{ lpm}$$

Como se ha mencionado antes, la protección habitual de recipientes verticales cuya altura es mayor de 3,5 m, es con un sistema de tuberías de tres anillos, en el que:

$$Q_{\text{anillo superior}} = 0,5 \cdot Q_{10\% \text{ gradiente por bomba}} = 357,92 \text{ lpm} = 21,47 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_{\text{anillo intermedio}} = 0,3 \cdot Q_{10\% \text{ gradiente por bomba}} = 214,75 \text{ lpm} = 12,88 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_{\text{anillo inferior}} = 0,2 \cdot Q_{10\% \text{ gradiente por bomba}} = 143,68 \text{ lpm} = 8,59 \text{ m}^3/\text{h}$$

1. ANILLO SUPERIOR

La solución óptima es poner 12 boquillas en el anillo con un factor K de 17,3 l/min·bar^{0.5}. Se colocarán tres boquillas en cada lado del anillo, con una separación entre ellas de 1,36 m.

El caudal real de este anillo sería:

$$Q_{\text{real superior}} = N^{\circ}boq \cdot K \cdot \sqrt{P_{\text{min}}} = 12 \cdot 17,3 \cdot \sqrt{2,5} = 328,24 \text{ lpm}$$

Este caudal es algo menor que el calculado para el anillo superior, pero como tanto en el anillo intermedio como el anillo inferior se obtendrá un caudal real superior al necesario, se “salva” esta pequeña diferencia.

El diámetro de este anillo suponiendo velocidad máxima de 6 m/s será de:

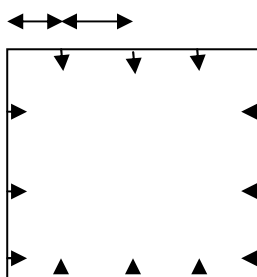
$$\phi_{\text{superior}} = \sqrt{\frac{21,22 \cdot Q_{\text{real superior}}}{v}} = \sqrt{\frac{21,22 \cdot 328,4}{6}} = 34,08 \text{ mm} \approx 1 \frac{1}{4}''$$

El anillo tiene que rodear al relicuador, y estar alejado de esta una cierta distancia, en este caso, el relicuador tiene un diámetro de 1,626 m, por lo que se escoge un anillo de 4,1 m

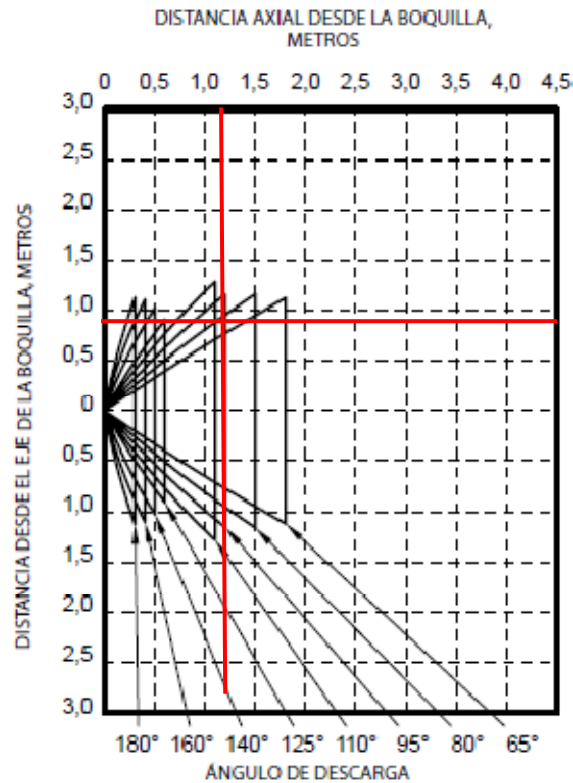
de lado, es decir, cada uno de los lados está separado 1,24m del relicuador (esta es la distancia axial que ha de cubrir cada una de las boquillas). Esta información es necesaria a la hora de escoger la boquilla, ya que cada boquilla de una misma familia (del mismo factor K) cubre una determinada distancia axial y radial.

En cada lado del anillo se montan tres boquillas, con una separación entre ellas de 1,36 m, y con una separación al extremo de 1,23 m.

1230mm 1360mm



Son válidas las boquillas cuyo ángulo de descarga se encuentre comprendido entre los valores: 80°- 95° ya que la distancia axial desde la boquilla a la bomba es de 1,24 m y tiene que cubrir una distancia radial de al menos 0.85 m para que se solape un 10% de su apertura.



2. ANILLO INTERMEDIO

La solución óptima es poner 12 boquillas en el anillo con un factor K de 17,3 l/min·bar^{0.5}. Se colocarán tres boquillas en cada lado del anillo, con una separación entre ellas de 1,36m.

El caudal real de este anillo sería:

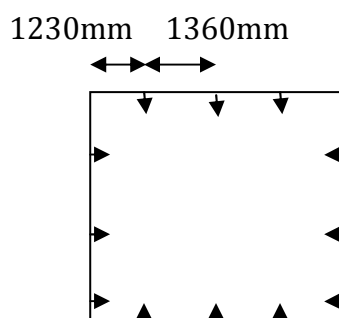
$$Q_{real\ superior} = N^{\circ}boq \cdot K \cdot \sqrt{P_{min}} = 12 \cdot 17,3 \cdot \sqrt{2,5} = 328,24\text{ lpm}$$

Este caudal es mayor que el realmente necesario para este anillo, como ya se ha mencionado anteriormente.

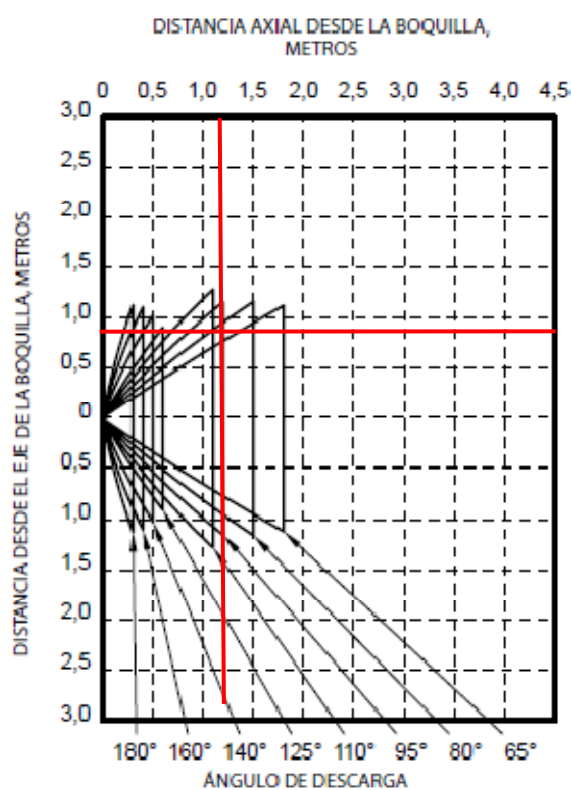
El diámetro de este anillo suponiendo velocidad máxima de 6 m/s será de:

$$\phi_{superior} = \sqrt{\frac{21,22 \cdot Q_{real\ superior}}{v}} = \sqrt{\frac{21,22 \cdot 328,4}{6}} = 34,08\text{ mm} \approx 1\frac{1}{4}"$$

En cada lado del anillo se montan tres boquillas, con una separación entre ellas de 1,36 m, y con una separación al extremo de 1,23 m.



Son válidas las boquillas cuyo ángulo de descarga se encuentre comprendido entre los valores: 80°- 95° ya que la distancia axial desde la boquilla a la bomba es de 1,24 m y tiene que cubrir una distancia radial de al menos 0.85 m para que se solape un 10% de su apertura.



3. ANILLO INFERIOR

La solución óptima es poner 12 boquillas en el anillo con un factor K de 17,3 l/min·bar^{0.5}. Se colocarán tres boquillas en cada lado del anillo, con una separación entre ellas de 1,36 m.

El caudal real de este anillo sería:

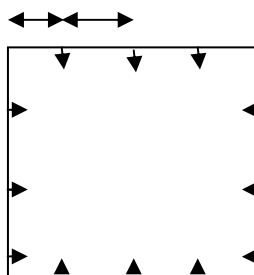
$$Q_{real\ superior} = N^{\circ}boq \cdot K \cdot \sqrt{P_{min}} = 12 \cdot 17,3 \cdot \sqrt{2,5} = 328,24 lpm$$

El diámetro de este anillo suponiendo velocidad máxima de 6 m/s será de:

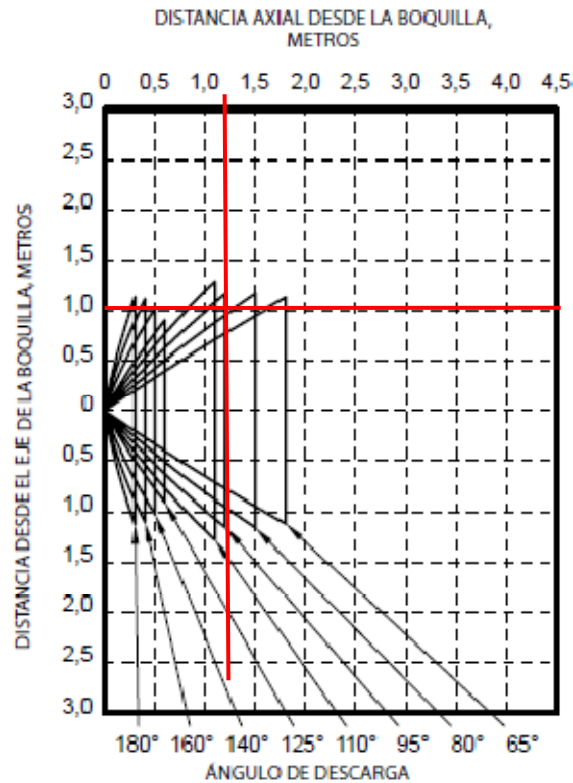
$$\phi_{superior} = \sqrt{\frac{21,22 \cdot Q_{real\ superior}}{v}} = \sqrt{\frac{21,22 \cdot 328,4}{6}} = 34,08 mm \approx 1\ 1/4"$$

En cada lado del anillo se montan tres boquillas, con una separación entre ellas de 1,36 m, y con una separación al extremo de 1,23 m.

1230mm 1360mm



Son válidas las boquillas cuyo ángulo de descarga se encuentre comprendido entre los valores: 80°- 95° ya que la distancia axial desde la boquilla a la bomba es de 1,24 m y tiene que cubrir una distancia radial de al menos 0.85 m para que se solape un 10% de su apertura.



SISTEMA COMPLETO

El caudal necesario para proteger la superficie del relicuador es de:

$$Q_{real} = Q_{real superior} + Q_{real intermedio} + Q_{real inferior} = 700,7 \text{ lpm}$$

El diámetro del colector que va al puesto de control es de (suponiendo velocidad máxima 6 m/s):

$$\phi_{pto control} = \sqrt{\frac{21,22 \cdot Q_{real}}{v}} = 49,78 \text{ mm} \approx 2"$$

8.5.9 SEPARACIÓN ASPIRACIÓN DEL COMPRESOR

8.5.9.1 SISTEMA DE AGUA PULVERIZADA

La superficie a proteger es de 49 m².

Puesto que la densidad de descarga es de 10,2 l/min·m², el caudal teórico necesario es:

$$Q_{teorico} = Area \cdot densidad = 499,8 \text{ lpm}$$

Teniendo en cuenta el 10% de gradiente hidráulico de sobrediseño, el caudal teórico es:

$$Q_{10\% \text{ gradiente}} = 1,1 \cdot Q_{teorico} = 549,78 \text{ lpm}$$

Como ya se ha visto, la protección habitual de recipientes verticales cuya altura es mayor de 3,5 m, es con un sistema de tuberías de tres anillos, en el que:

$$Q_{anillo \text{ superior}} = 0,5 \cdot Q_{10\% \text{ gradiente por bomba}} = 274,89 \text{ lpm}$$

$$Q_{anillo \text{ intermedio}} = 0,3 \cdot Q_{10\% \text{ gradiente por bomba}} = 164,94 \text{ lpm}$$

$$Q_{anillo \text{ inferior}} = 0,2 \cdot Q_{10\% \text{ gradiente por bomba}} = 109,96 \text{ lpm}$$

1. ANILLO SUPERIOR

La solución óptima es poner 4 boquillas en el anillo con un factor K de 43,2 l/min·bar^{0.5}. Se colocarán una boquilla en el punto medio de cada lado.

El caudal real de este anillo es:

$$Q_{real \text{ superior}} = N^{\circ}boq \cdot K \cdot \sqrt{P_{min}} = 4 \cdot 43,2 \cdot \sqrt{2,5} = 273,22 \text{ lpm}$$

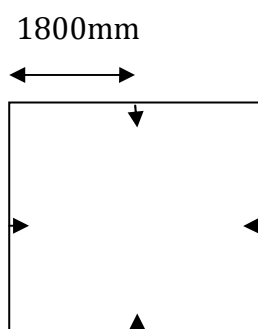
Este caudal es algo menor que el calculado para el anillo superior, pero como tanto en el anillo intermedio como el anillo inferior se obtendrá un caudal real superior al necesario, se “salva” esta pequeña diferencia (si la diferencia es notoria, esto no debe hacerse, habría que poner un mayor número de boquillas o un mayor factor K).

El diámetro de este anillo suponiendo velocidad máxima de 6 m/s será de:

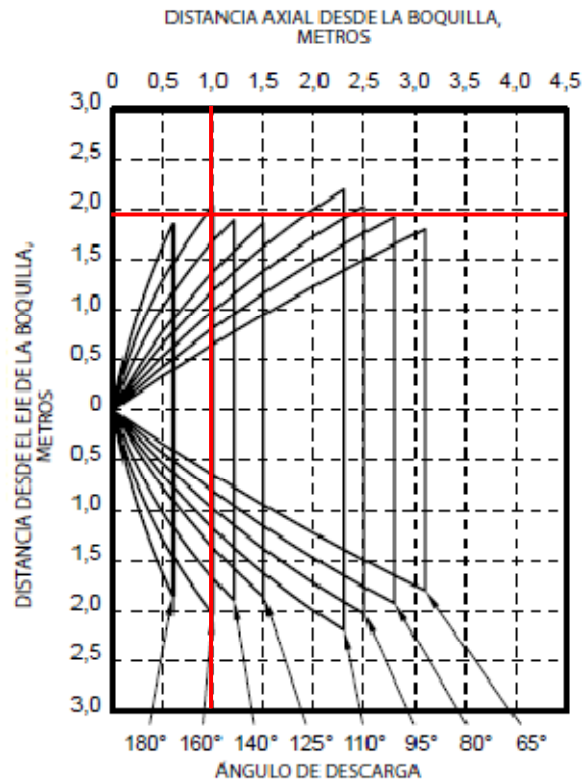
$$\varnothing_{superior} = \sqrt{\frac{21,22 \cdot Q_{real superior}}{v}} = \sqrt{\frac{21,22 \cdot 273,22}{6}} = 31,1mm \approx 1 \frac{1}{4}"$$

El anillo tiene que rodear al separador, y estar alejado de este una cierta distancia (hay muchas opciones), en este caso, el separador tiene un diámetro de 1,82 m, por lo que se escoge un anillo de 3,6 m de lado, es decir, cada uno de los lados está separado 0,9 m del separador (distancia axial que la boquilla ha de cubrir). Esta información es necesaria a la hora de escoger la boquilla, ya que cada boquilla de una misma familia (del mismo factor K) cubre una determinada distancia axial y radial.

El esquema de las boquillas, es por tanto:



Únicamente es válido el ángulo de descarga 160°, ya que la distancia axial desde la boquilla a la bomba es de 0,9 m y tiene que cubrir una distancia radial de al menos 1,9 m para que la boquilla llegue a cubrir todo el lado del anillo.



2. ANILLO INTERMEDIO

La solución óptima es poner 8 boquillas en el anillo con un factor K de 17,3 l/min·bar^{0.5}. Se colocarán dos boquillas en cada lado del anillo, con una separación entre ellas de 1,8m.

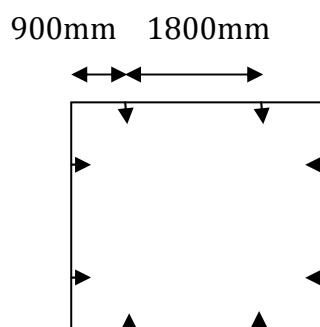
El caudal real de este anillo sería:

$$Q_{real\ intermedio} = N^{\circ}boq \cdot K \cdot \sqrt{P_{min}} = 8 \cdot 17,3 \cdot \sqrt{2,5} = 218,83\ lpm$$

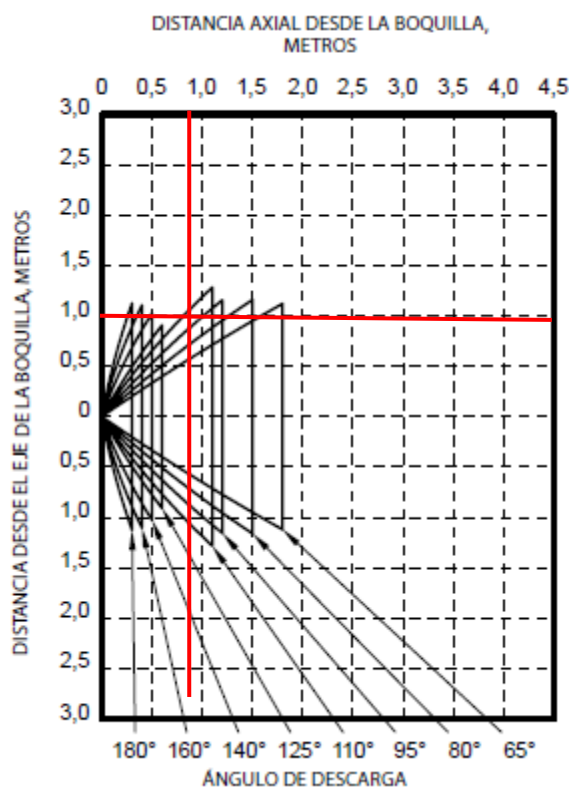
El diámetro de este anillo suponiendo velocidad máxima de 6 m/s será de:

$$\phi_{intermedio} = \sqrt{\frac{21,22 \cdot Q_{real\ intermedio}}{v}} = \sqrt{\frac{21,22 \cdot 328,4}{6}} = 34,08mm \approx 1\ 1/4"$$

En cada lado del anillo se montan dos boquillas, con una separación entre ellas de 1,8 m, y con una separación al extremo de 0,9 m.



Únicamente es válido el ángulo de descarga de 110° ya que es el único capaz de cumplir que su apertura axial sea 0,9 m y su apertura radial de al menos 1 m para que se solape un 10% de su apertura.



3. ANILLO INFERIOR (IGUAL AL ANILLO INTERMEDIO)

La solución óptima es poner 8 boquillas en el anillo con un factor K de 17,3 l/min·bar^{0.5}.

Se colocarán dos boquillas en cada lado del anillo, con una separación entre ellas de 1,8m.

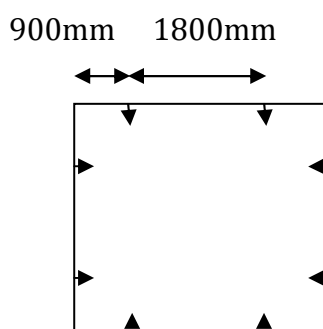
El caudal real de este anillo sería:

$$Q_{real\ inferior} = N^{\circ}boq \cdot K \cdot \sqrt{P_{min}} = 8 \cdot 17,3 \cdot \sqrt{2,5} = 218,83\ lpm$$

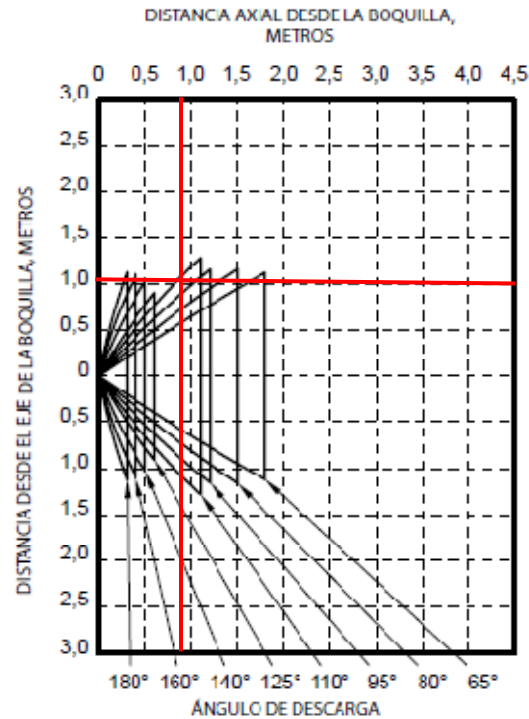
El diámetro de este anillo suponiendo velocidad máxima de 6 m/s será de:

$$\phi_{inferior} = \sqrt{\frac{21,22 \cdot Q_{real\ inferior}}{v}} = \sqrt{\frac{21,22 \cdot 328,4}{6}} = 34,08mm \approx 1\ 1/4"$$

En cada lado del anillo se montan dos boquillas, con una separación entre ellas de 1,8 m, y con una separación al extremo de 0,9 m.



Únicamente es válido el ángulo de descarga de 110° ya que es el único capaz de cumplir que su apertura axial sea 0,9 m y su apertura radial de al menos 1 m para que se solape un 10% de su apertura.



SISTEMA COMPLETO

El caudal necesario para proteger la superficie del relicuador es de:

$$Q_{real} = Q_{real superior} + Q_{real intermedio} + Q_{real inferior} = 710,88 \text{ lpm}$$

El diámetro del colector que va al puesto de control es de (suponiendo velocidad máxima 6 m/s):

$$\phi_{pto control} = \sqrt{\frac{21,22 \cdot Q_{real}}{v}} = 50,14 \text{ mm} \approx 2"$$

8.5.10 KO DRUM DE ANTORCHA

8.5.10.1 SISTEMA DE AGUA PULVERIZADA

En este depósito se separarán las posibles gotas arrastradas del GNL antes de su salida por la antorcha [20]. Su superficie a proteger es de 174,3 m².

Puesto que la densidad de descarga es de 10,2 l/min·m², el caudal teórico necesario es:

$$Q_{teorico} = Area \cdot densidad = 1777,86 \text{ lpm}$$

Teniendo en cuenta el 10% de gradiente hidráulico de sobrediseño, el caudal teórico es:

$$Q_{10\% \text{ gradiente}} = 1,1 \cdot Q_{teorico} = 1955,65 \text{ lpm}$$

Como se ha mencionado antes, la protección habitual de recipientes tanto verticales como horizontales cuya altura sea mayor de 3,5 m, es con un sistema de tuberías de tres anillos, en el que:

$$Q_{anillo \text{ superior}} = 0,5 \cdot Q_{10\% \text{ gradiente por bomba}} = 977,8 \text{ lpm} = 58,67 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_{anillo \text{ intermedio}} = 0,3 \cdot Q_{10\% \text{ gradiente por bomba}} = 586,7 \text{ lpm} = 35,2 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_{anillo \text{ inferior}} = 0,2 \cdot Q_{10\% \text{ gradiente por bomba}} = 391,13 \text{ lpm} = 23,47 \text{ m}^3/\text{h}$$

1. ANILLO SUPERIOR

La solución óptima es poner 24 boquillas en el anillo con un factor K de 25,9 l/min·bar^{0.5}. Se colocarán tres boquillas en cada lado menor del anillo con una separación entre ellas de 0,95 m y nueve boquillas en cada uno de los lados mayores del anillo, con una separación entre ellas de 1,75 m.

El caudal real de este anillo sería:

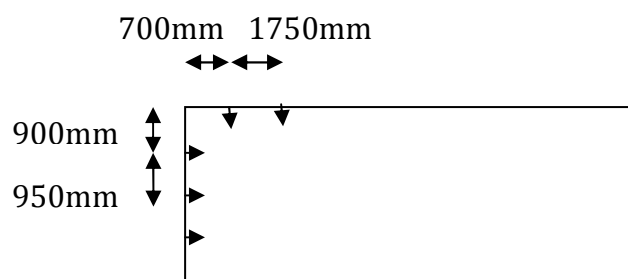
$$Q_{real superior} = N^{\circ}boq \cdot K \cdot \sqrt{P_{min}} = 24 \cdot 25,9 \cdot \sqrt{2,5} = 982,8 \text{ lpm}$$

El diámetro de este anillo suponiendo velocidad máxima de 6 m/s será de:

$$\phi_{superior} = \sqrt{\frac{21,22 \cdot Q_{real superior}}{v}} = \sqrt{\frac{21,22 \cdot 982,8}{6}} = 58,96 \text{ mm} \approx 2 \frac{1}{2}''$$

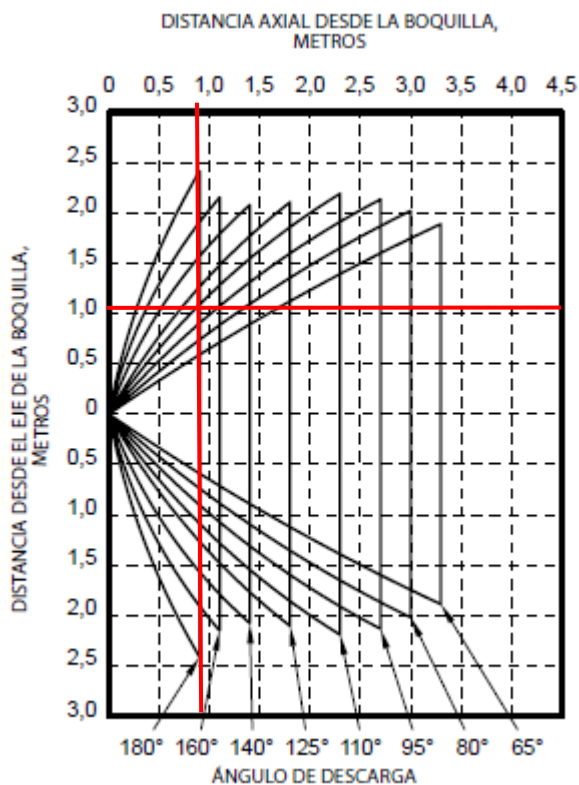
El anillo tiene que rodear al ko drum de antorcha, y estar alejado de él una cierta distancia, en este caso, el ko drum tiene un diámetro de 3,9 m, por lo que se escoge un anillo de 5,7 m de lado, es decir, cada uno de los lados mayores está separado 0,9 m del depósito (distancia axial que ha de cubrir la boquilla), mientras que los lados menores están separados de él 0,71 m, ya que la longitud del depósito es de 13,98 m y la del anillo es 15,4 m . Esta información es necesaria a la hora de escoger la boquilla, ya que cada boquilla de una misma familia (del mismo factor K) cubre una determinada distancia axial y radial.

El esquema del anillo es:



Son válidas las boquillas cuyo ángulo de descarga se encuentre comprendido entre los valores: 110°- 180° ya que la distancia axial máxima desde la boquilla al depósito es de 0,9 m y tiene que cubrir una distancia radial de al menos 1 m para que se solape un 10%

de su apertura, por lo tanto son válidos aquellos ángulos capaces de cubrir estas distancias o superiores.



2. ANILLO INTERMEDIO

La solución óptima es poner 24 boquillas en el anillo con un factor K de 17,3 l/min·bar^{0.5}. Se colocarán tres boquillas en cada lado menor del anillo, con una separación entre ellas de 0,95 m y nueve boquillas en cada uno de los lados mayores del anillo, con una separación entre ellas de 1,75 m.

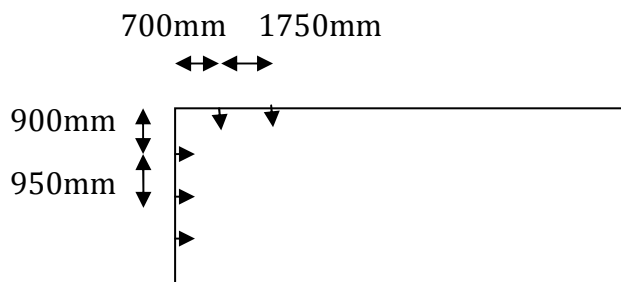
El caudal real de este anillo sería:

$$Q_{real\ intermedio} = N^{º}boq \cdot K \cdot \sqrt{P_{min}} = 24 \cdot 17,3 \cdot \sqrt{2,5} = 656,5\ lpm$$

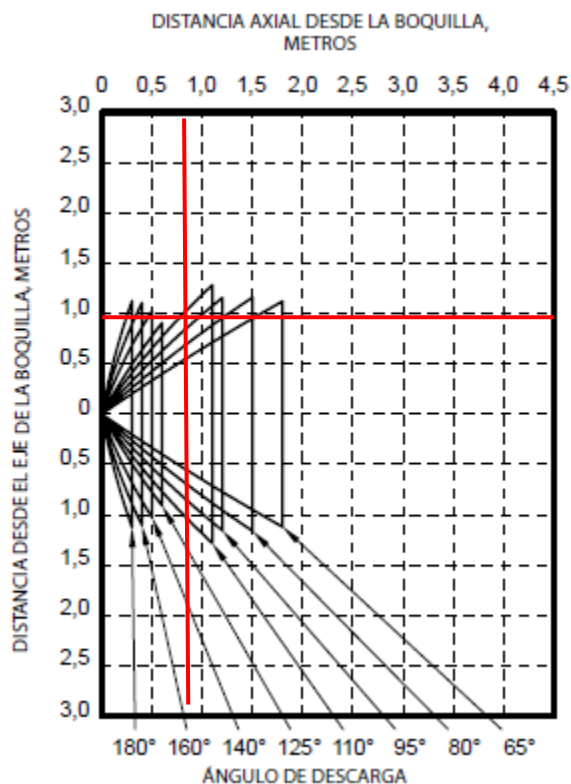
El diámetro de este anillo suponiendo velocidad máxima de 6 m/s será de:

$$\phi_{intermedio} = \sqrt{\frac{21,22 \cdot Q_{real\ intermedio}}{v}} = \sqrt{\frac{21,22 \cdot 656,5}{6}} = 48,18\ mm \approx 2"$$

El esquema del anillo es el siguiente:



Son válidas las boquillas cuyo ángulo de descarga sea 110° ya que la distancia axial desde la boquilla al depósito es de 0,9 m y tiene que cubrir una distancia radial de al menos 1 m para que se solape un 10% de su apertura.



3. ANILLO INFERIOR

La solución óptima es poner 24 boquillas en el anillo con un factor K de 17,3 l/min·bar^{0.5}. Se colocarán tres boquillas en cada lado menor del anillo, con una separación entre ellas de 0,95 m y nueve boquillas en cada uno de los lados mayores del anillo, con una separación entre ellas de 1,75 m.

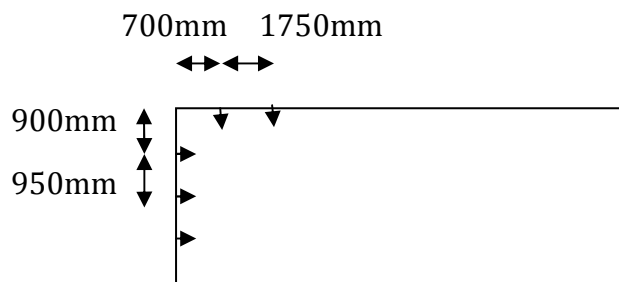
El caudal real de este anillo sería:

$$Q_{real\ inferior} = N^{\circ}boq \cdot K \cdot \sqrt{P_{min}} = 24 \cdot 17,3 \cdot \sqrt{2,5} = 656,5\ lpm$$

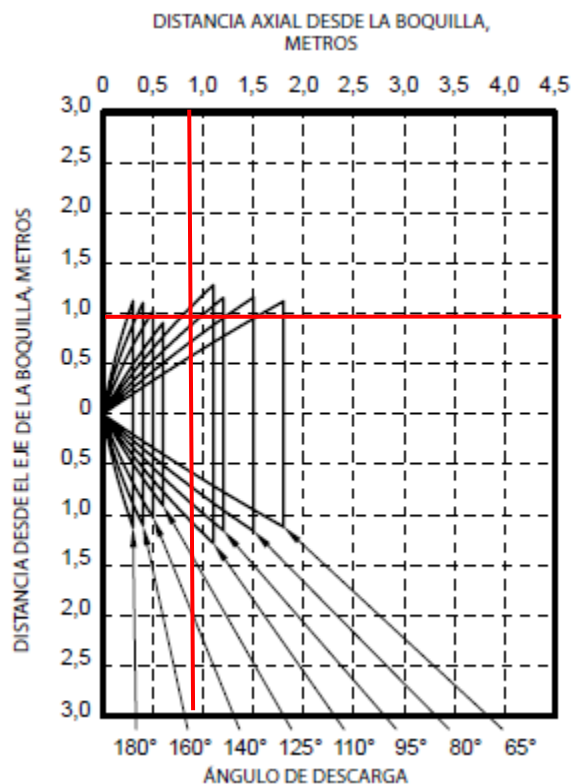
El diámetro de este anillo suponiendo velocidad máxima de 6 m/s será de:

$$\phi_{inferior} = \sqrt{\frac{21,22 \cdot Q_{real\ inferior}}{v}} = \sqrt{\frac{21,22 \cdot 656,5}{6}} = 48,18\ mm \approx 2"$$

El esquema del anillo es el siguiente:



Son válidas las boquillas cuyo ángulo de descarga sea 110° ya que es el único que cumple las necesidades de apertura: distancia axial desde la boquilla al depósito es de 0,9 m y tiene que cubrir una distancia radial de al menos 1 m para que se solape un 10% de su apertura.



SISTEMA COMPLETO

El caudal necesario para proteger la superficie del relicuador es de:

$$Q_{real} = Q_{real\ superior} + Q_{real\ intermedio} + Q_{real\ inferior} = 2295,8\ lpm$$

El diámetro del colector que va al puesto de control es de (suponiendo velocidad máxima 6 m/s):

$$\phi_{pto\ control} = \sqrt{\frac{21,22 \cdot Q_{real}}{v}} = 90,11\ mm \approx 4"$$

8.5.11 CARGADERO DE CAMIONES CISTERNAS

8.5.11.1 SISTEMA DE AGUA PULVERIZADA

La superficie a proteger es de 291 m², la estructura del sistema de agua pulverizada será en forma de U invertida.

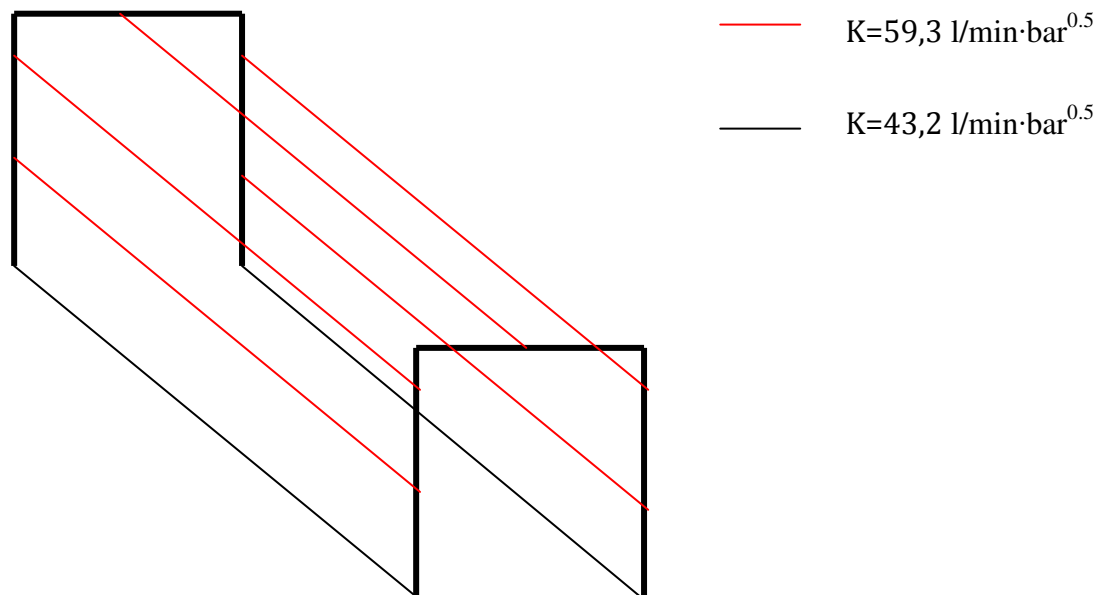
Puesto que la densidad de descarga es de 20,4 l/min·m², el caudal teórico necesario es:

$$Q_{teorico} = Area \cdot densidad = 5936,4 \text{ lpm}$$

Teniendo en cuenta el 10% de gradiente hidráulico de sobre-diseño, el caudal teórico es:

$$Q_{10\% \text{ gradiente}} = 1,1 \cdot Q_{teorico} = 6530,04 \text{ lpm}$$

La solución óptima para no alejarse mucho del caudal teórico calculado, es utilizar en cada nivel boquillas de distinto factor K, es decir:



Hay un total de 78 boquillas, de las cuales 58 tienen un factor K de 59 l/min·bar^{0.5} y 20 tienen un factor K de 43,2 l/min·bar^{0.5}. Por lo tanto el caudal real de este sistema es:

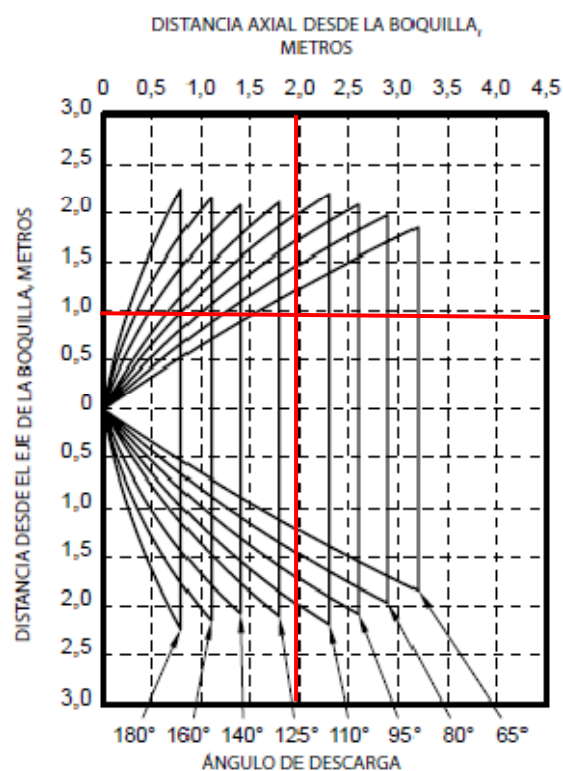
$$Q_{real} = \sum N^{\circ}boq \cdot K_{boquilla} \cdot \sqrt{P_{min}} = 6776.76 \text{ lpm}$$

El diámetro de la tubería que va al puesto de control suponiendo una velocidad máxima de 6 m/s es:

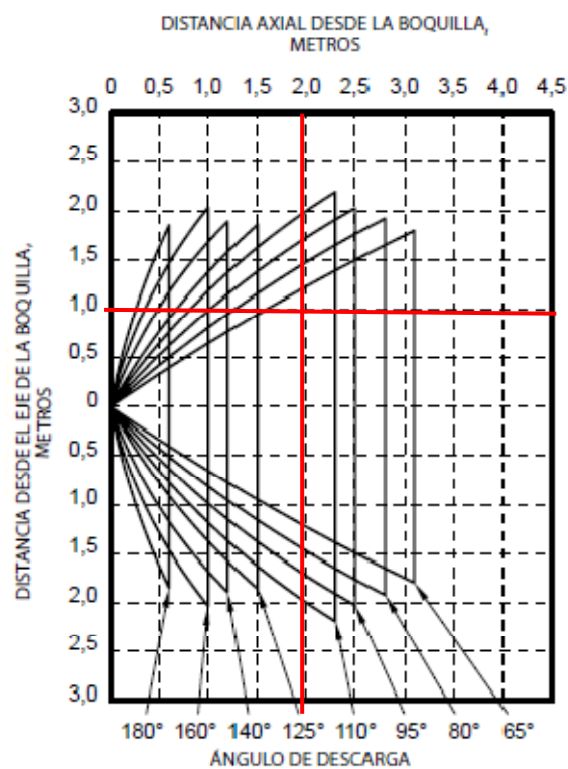
$$\phi_{pto\ control} = \sqrt{\frac{21,22 \cdot Q_{real}}{v}} = 154,77 \text{ mm} \approx 6 \text{ ''}$$

Todas las filas del sistema tienen el mismo número de boquillas; la distancia radial entre boquillas contiguas es de 1,8 m, por lo que el ángulo de descarga de las boquillas ha de ser capaz de cubrir una distancia axial de 2 m y una distancia radial de al menos 1 m para que se cumpla la condición de solapamiento del 10% de su apertura total. Por tanto son válidos los ángulos de descarga comprendidos entre 65° y 110° para aquellas boquillas cuyo factor K sea 59 l/min·bar^{0.5}; mientras que para las boquillas de factor K 43,2 l/min·bar^{0.5} son válidos los ángulos de descarga comprendidos entre 65° y 110°.

Boquillas cuyo factor K es 59 l/min·bar^{0.5}:



Boquillas cuyo factor K es $43,2 \text{ l/min} \cdot \text{bar}^{0.5}$:



8.5.11.2 HYDRO-SHIELDS (CORTINAS DE AGUA)

El perímetro total a proteger es de 52,7 metros. Este es el perímetro de cada cargadero de camiones cisterna, existen cuatro, por lo que cada uno lleva un sistema de hydro-shields con un puesto de control.

El caudal de agua teórico necesario para proteger la superficie es:

$$Q_{teorico\ por\ grupo} = \text{perímetro} \cdot \text{densidad} = 52,7 \cdot 70 = 3691\ lpm$$

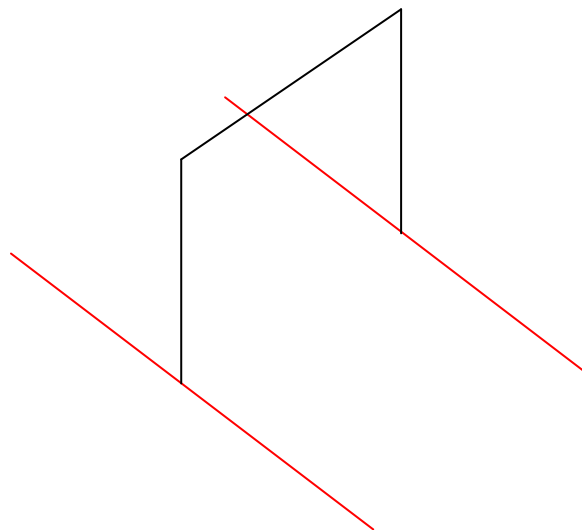
Al igual que en el sistema de agua pulverizada, hay que tener en cuenta el 10% de gradiente hidráulico de sobrediseño, el caudal teórico es:

$$Q_{10\%\ gradiente} = 1,1 \cdot Q_{teorico} = 4060\ lpm$$

Como conocemos el factor K, podemos obtener el número mínimo de hydro-shields necesarios con una presión en el más desfavorable de 5,5 bar a partir de:

$$N^{\circ} \text{mínimo de boquillas} = \frac{Q}{K \cdot \sqrt{P}} = \frac{4060}{219 \cdot \sqrt{5,5}} = 7,9\ hydro - shields$$

Por tanto, son necesarios al menos 8 hydro-shields, los cuales se distribuirán en dos filas de cuatro hydro-shields cada una a lo largo del cargadero de cisternas. De tal modo que queda:



El caudal real necesario para cada cargadero de camiones cisterna es:

$$Q_{real} = N^{\circ}hydro \cdot K \cdot \sqrt{P_{min}} = 4108,8 \text{ lpm}$$

El diámetro de la tubería que va al puesto de control suponiendo una velocidad máxima de 6 m/s es:

$$\phi_{pto\ control} = \sqrt{\frac{21,22 \cdot Q_{real}}{v}} = 120,55 \text{ mm} \approx 5 \text{ ''}$$

8.5.12 ESTACIÓN DE MEDIDA

8.5.12.1 SISTEMA DE AGUA PULVERIZADA

Su finalidad es regular la presión en el interior de la terminal, medir el gas emitido (medición fiscal). La superficie a proteger es de 486 m².

Puesto que la densidad de descarga es de 10,2 l/min·m², el caudal teórico necesario es:

$$Q_{teorico} = Area \cdot densidad = 4957,2 \text{ lpm}$$

Teniendo en cuenta el 10% de gradiente hidráulico de sobre-diseño, el caudal teórico es:

$$Q_{10\%gradiente} = 1,1 \cdot Q_{teorico} = 5452,92 \text{ lpm}$$

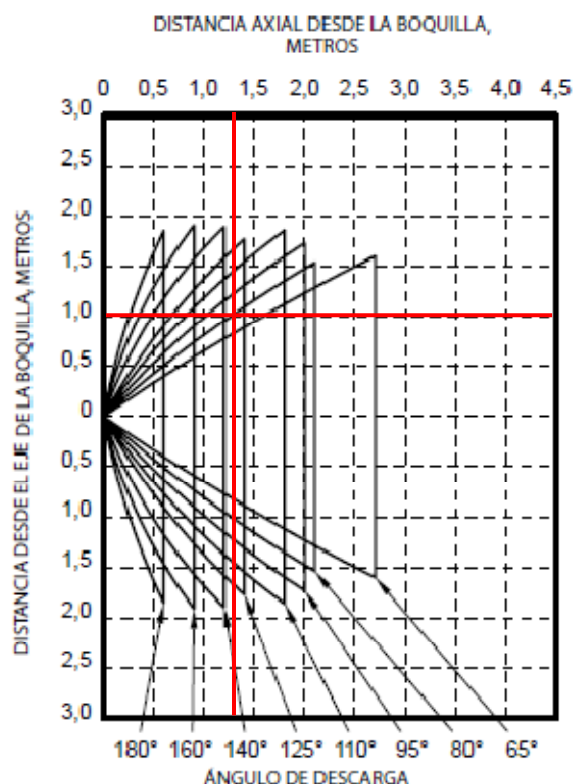
La solución que optimiza el resultado son 48 boquillas con un factor K de 33,1l/min·bar^{0.5}, (aunque con boquillas cuyo factor K sea menor se ajustaría más el resultado, al tener menor factor K, su cobertura también es menor, por lo que aunque se acercara más al caudal, al necesitar un mayor número de boquillas, al final se obtendría un caudal mucho mayor). No obstante, el caudal real:

$$Q_{real} = N^{\circ}boq \cdot K \cdot \sqrt{P_{min}} = 6594,3 \text{ lpm}$$

El diámetro de la tubería que va al puesto de control es de:

$$\phi_{pto\ control} = \sqrt{\frac{21,22 \cdot Q_{real}}{v}} = 152,7mm \approx 6"$$

Las boquillas se colocaran en 6 ramales, cada uno de ellos con 21 boquillas. La distancia radial entre boquillas contiguas es de 1,75 m, y la distancia máxima entre ramales es de 2,15 m; por lo que el ángulo de descarga de las boquillas ha de ser capaz de cubrir una distancia axial de 1,3 m (no han de cubrir los 2,15 m ya que las boquillas se encuentran enfrentadas, por lo que basta con que cubran la mitad y un poco más) y una distancia radial de al menos 1 m para que se cumpla la condición de solapamiento del 10% de su apertura total. Por tanto son válidos los ángulos de descarga comprendidos entre 80° y 125° para aquellas boquillas cuyo factor K sea 33,1 l/min·bar^{0.5}.



8.5.13 ALMACENAMIENTO DE THT

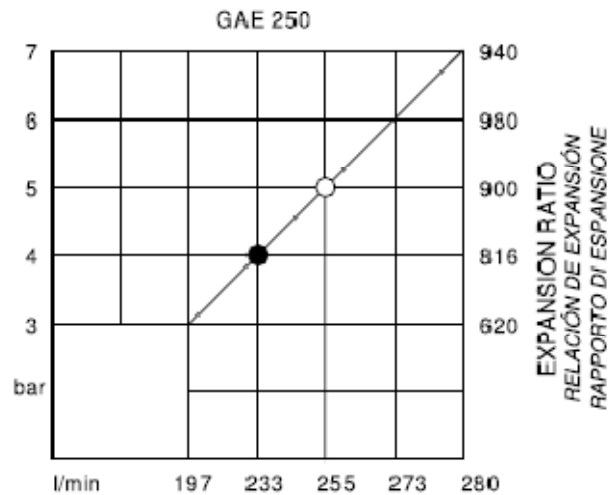
8.5.13.1 SISTEMA DE ESPUMA

El caudal necesario de espuma expandida es:

$$R = \left(\frac{V}{T} + R_s \right) \cdot C_n \cdot C_s$$

Dado que el volumen a inundar es de 360 m³, y el tiempo de inundación es de 3 min, ya que se trata de un líquido inflamable cuyo punto de inflamación se encuentra por debajo de los 38°C (su punto de inflamación es 12°C) y la estructura es resistente al fuego, ver figura 36, el caudal de descarga (R) es de 165,6 m³/min.

Para saber el número de generadores necesarios, hay que tener en cuenta la expansión de espuma producida por generador, la cual se puede obtener a partir de los datos aportados por el fabricante:



El ratio de expansión a 4 bar es 1: 816, dado que el caudal de mezcla aportado por generador es de 233 lpm, la expansión de la espuma es de 190,1 m³/min por generador, por lo que son necesarios:

$$N^{\circ}generadores = \frac{R}{Expansión\ espuma} = 0,87$$

Por lo que es imprescindible un generadores.

Los caudales necesarios tanto de agua como de espumógeno son:

$$Q_{agua} = Q_{mezcla\ generador} \cdot N^{\circ}generadores = 233\ lpm = 13,98\ m^3/min$$

$$Q_{espumógeno} = Q_{agua} \cdot \% espumógeno = 6,99\ lpm = 0,42\ m^3/min$$

Por norma, tanto la reserva de agua como la de espumógeno han de calcularse para un tiempo de funcionamiento mayor de 4 inundaciones, por lo tanto mayor de 12 minutos, por lo que se eligen 15 minutos.

$$Reserva_{espumógeno} = Q_{espumógeno} \cdot t_{sup.4 inundaciones} = 104,85 \text{ litros}$$

$$Reserva_{agua} = Q_{agua} \cdot t_{sup.4 inundaciones} = 3495 \text{ litros}$$

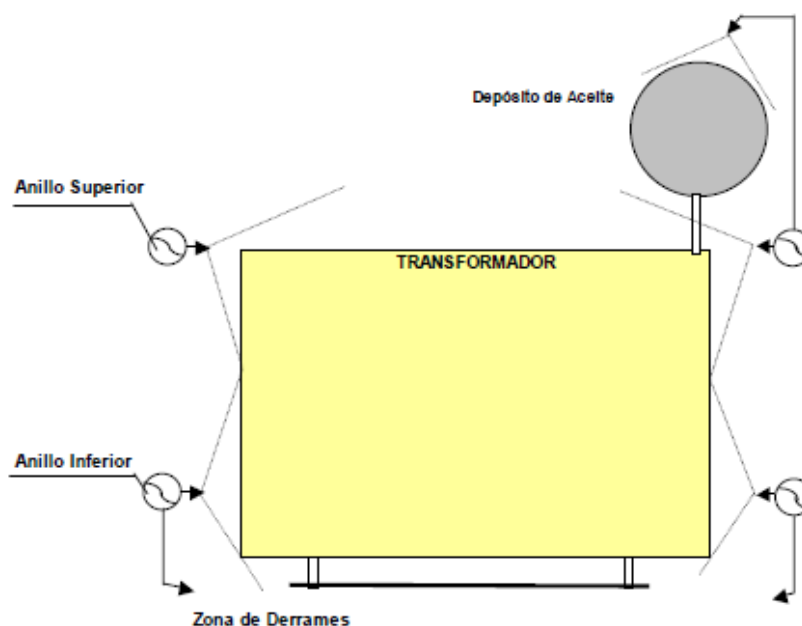
Dado que ninguna norma dice dónde han de colocarse los generadores de espuma, estos se distribuirán de forma simétrica en la zona a proteger y en la zona superior del cubeto.

8.5.14 TRANSFORMADORES SUBESTACIÓN 1

8.5.14.1 SISTEMA DE AGUA PULVERIZADA

En la subestación 1 se encuentran dos tipos de transformadores, uno de ellos lleva incorporado depósito de aceite (siendo necesaria la protección del depósito), mientras que el otro no (en su lugar lleva una caja metálica de conexiones, que no necesita protección especial). Esta subestación consta de dos transformadores de cada tipo.

- Transformador con depósito de aceite: la protección a modo de esquema ha de ser [21]:



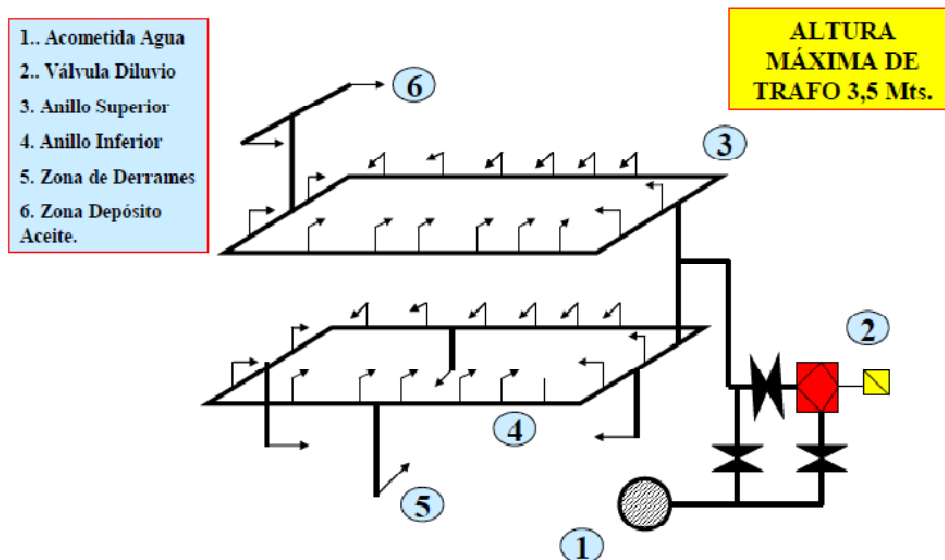
La distancia mínima entre las boquillas y los equipos de tensión será acorde a lo establecido en la tabla 1 de la UNE 23501 [22].

| Tensión nominal de la línea kV | Tensión nominal a tierra kV | Nivel de aislamiento de diseño cresta kV | Distancia mínima m |
|-----------------------------------|--------------------------------|---|-----------------------|
| Hasta 15 | Hasta 9 | 110 | 0,15 |
| 23 | 13 | 150 | 0,20 |
| 34,5 | 20 | 200 | 0,30 |
| 46 | 27 | 250 | 0,38 |
| 69 | 40 | 350 | 0,58 |
| 115 | 66 | 550 | 0,94 |
| 138 | 80 | 650 | 1,11 |
| 161 | 93 | 750 | 1,32 |
| 196-230 | 114-132 | 900 | 1,60 |
| | | 1 050 | 1,93 |
| 287-380 | 166-220 | 1 175 | 2,21 |
| | | 1 300 | 2,48 |
| | | 1 425 | 2,76 |
| | | 1 550 | 3,04 |
| 500 | 290 | 1 675 | 3,32 |
| | | 1 800 | 3,60 |
| 500-700 | 290-400 | 1 925 | 3,88 |
| | | 2 100 | 4,26 |
| | | 2 300 | 4,67 |

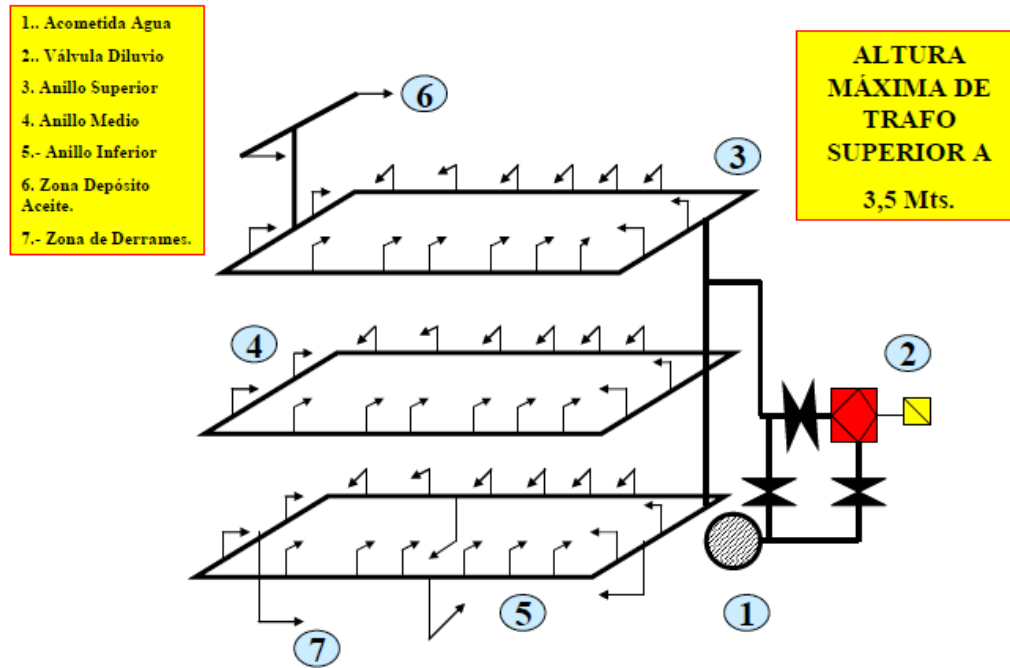
Tabla 8. Relación distancia entre boquillas- tensión nominal

En este caso, al ser una tensión nominal de 220V, la norma exige una separación mínima de 0,35 m al menos.

Los transformadores cuya altura sea menor de 3,5 m, se protegerán con dos anillos más la protección del depósito de aceite si lo tuviera:



Los transformadores cuya altura sea mayor de 3,5 m, se protegerán con tres anillos más la protección del depósito de aceite si lo tuviera:



En este caso, la altura del transformador es menor de 3,5 m, por lo que se necesitan dos anillos. La superficie a proteger es de 101,7 m².

Puesto que la densidad de descarga es de 10,2 l/min·m², el caudal teórico necesario es:

$$Q_{teorico} = Area \cdot densidad = 1037,34 \text{ lpm}$$

Teniendo en cuenta el 10% de gradiente hidráulico de sobrediseño, el caudal teórico es:

$$Q_{10\%gradiente} = 1,1 \cdot Q_{teorico} = 1141,07 \text{ lpm}$$

La protección habitual de transformadores cuya altura es menor de 3,5 m, es con un sistema de tuberías de dos anillos, en el que:

$$Q_{anillo superior} = 0,75 \cdot Q_{10\% gradiente} = 855,8 \text{ lpm} = 51,35 \text{ m}^3/h$$

$$Q_{anillo inferior} = 0,25 \cdot Q_{10\% gradiente} = 285,27 \text{ lpm} = 17,11 \text{ m}^3/h$$

1. ANILLO SUPERIOR

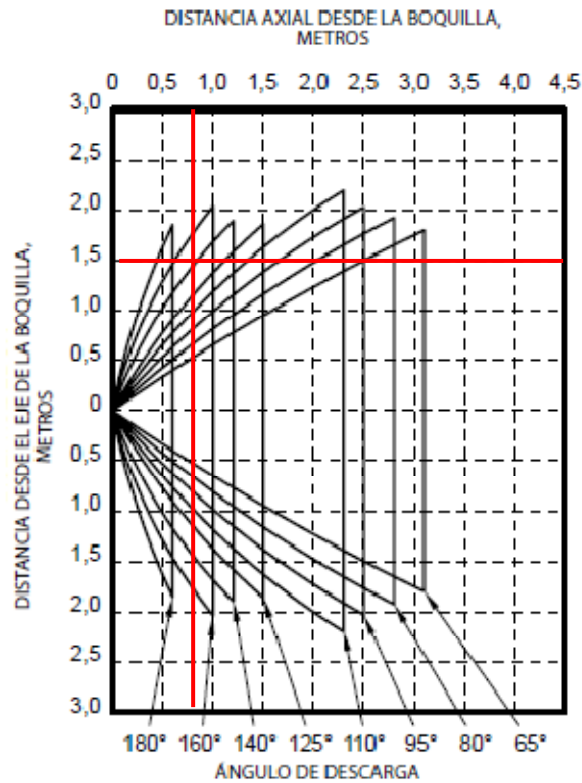
La solución óptima es poner 14 boquillas con un factor K de 43,2 l/min·bar^{0.5}. El caudal real de este anillo es de:

$$Q_{real\ superior} = N^{o}boq \cdot K \cdot \sqrt{P_{min}} = 956,27\ lpm$$

El diámetro obtenido es:

$$\phi_{superior} = \sqrt{\frac{21,22 \cdot Q_{real\ superior}}{v}} = 58,5 \approx 2''$$

De las 14 boquillas, 2 se utilizarán para proteger el depósito de aceite, el resto se distribuyen a lo largo y ancho del anillo. La distancia radial máxima entre boquillas contiguas es de 2,55 m, y la distancia axial con el transformador será de 0,8 m (cumpliendo la condición); por lo que el ángulo de descarga de las boquillas ha de ser capaz de cubrir una distancia axial de 0,8 m y una distancia radial de al menos 1,5 m para que se cumpla la condición de solapamiento del 10% de su apertura total. Por tanto es válido el ángulo de descarga de 110°, ya que es el único que cumple las necesidades de apertura.



2. ANILLO INFERIOR

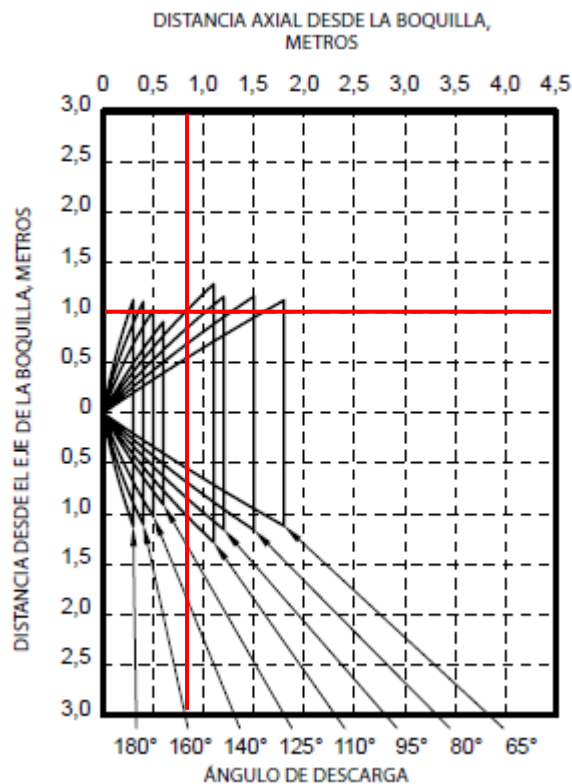
La solución óptima es poner 16 boquillas con un factor K de $17,3 \text{ l/min} \cdot \text{bar}^{0.5}$, aunque realmente el caudal teórico necesario se obtiene con 14 boquillas, estas no son suficientes para cubrir todo el anillo, ya que la distancia entre boquillas contiguas sería mayor que dos veces su radio de cobertura, por lo que se quedaría un espacio desprotegido. El caudal real de este anillo es de:

$$Q_{real inferior} = N^{º}boq \cdot K \cdot \sqrt{P_{min}} = 437,6 \text{ lpm}$$

El diámetro obtenido es:

$$\phi_{inferior} = \sqrt{\frac{21,22 \cdot Q_{real inferior}}{v}} = 39,34 \approx 1 \frac{1}{2}''$$

De las 16 boquillas, 2 se utilizarán para proteger la zona de derrames, mientras que el resto se distribuyen a lo largo y ancho del anillo. La distancia radial máxima entre boquillas contiguas es 1,7 m, y la distancia axial con el transformador será de 0,8 m (cumpliendo la condición); por lo que el ángulo de descarga de las boquillas ha de ser capaz de cubrir una distancia axial de 0,8 m y una distancia radial de al menos 1 m para que se cumpla la condición de solapamiento del 10% de su apertura total. Por tanto es válido el ángulo de descarga de 110°, ya que es el único que cumple las necesidades de apertura.



➤ Transformador sin depósito de aceite

En este caso, el transformador carece tanto de depósito de aceite como de zona de derrames. Su altura es de 1,103, por lo que con un solo anillo es suficiente. Tiene una caja de conexiones en la parte superior que, aunque no es estrictamente necesario proteger, se va a hacer ya que así se resguarda más. La superficie a proteger es de 12,8 m².

Puesto que la densidad de descarga es de 10,2 l/min·m², el caudal teórico necesario es:

$$Q_{teorico} = Area \cdot densidad = 130,56 \text{ lpm}$$

Teniendo en cuenta el 10% de gradiente hidráulico de sobrediseño, el caudal teórico es:

$$Q_{10\%gradiente} = 1,1 \cdot Q_{teorico} = 143,62 \text{ lpm}$$

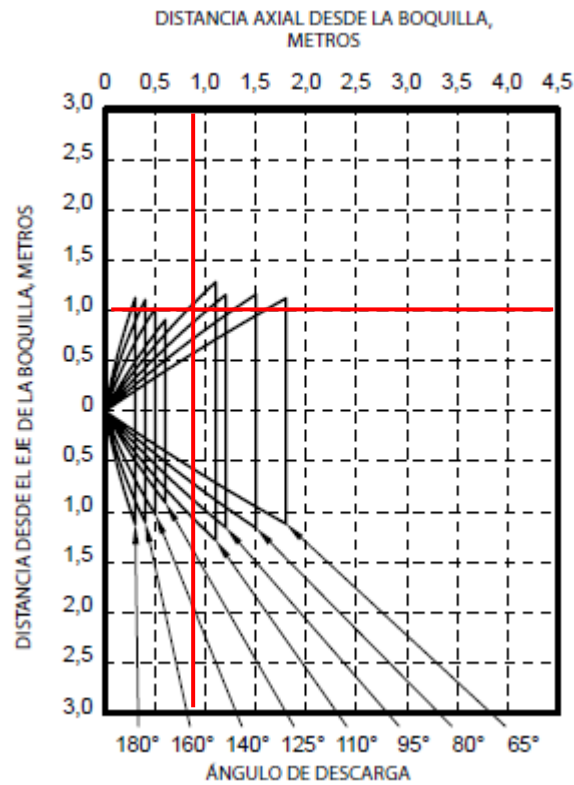
La solución óptima es poner 9 boquillas con un factor K de 17,3 l/min·bar^{0.5}. El caudal real de este anillo es de:

$$Q_{real} = N^{º}boq \cdot K \cdot \sqrt{P_{min}} = 246,2 \text{ lpm}$$

El diámetro obtenido es:

$$\phi_{superior} = \sqrt{\frac{21,22 \cdot Q_{real superior}}{v}} = 29,5 \approx 1 \text{ 1/4"}$$

De las 9 boquillas, 1 se utilizará para proteger la caja de conexiones, el resto se distribuyen a lo largo y ancho del anillo (dos en cada lado). La distancia radial máxima entre boquillas contiguas es de 1,6 m, y la distancia axial con el transformador será de 0,7m (cumpliendo la condición); por lo que el ángulo de descarga de las boquillas ha de ser capaz de cubrir una distancia axial de 0,7 m y una distancia radial de al menos 0,9 m para que se cumpla la condición de solapamiento del 10% de su apertura total. Por tanto es válido el ángulo de descarga de 110°, ya que es el único que cumple las necesidades de apertura.



SISTEMA COMPLETO

El caudal total que necesitan los cuatro transformadores es:

$$Q_{total} = Q_{trafo\ aceite} + Q_{trafo\ aceite} + Q_{trafo\ sin\ aceite} + Q_{trafo\ sin\ aceite} = 3280,14\ lpm$$

El diámetro de la tubería de la tubería del puesto de control suponiendo una velocidad máxima de 6 m/s es de:

$$\phi_{anillo\ inferior} = \sqrt{\frac{21,22 \cdot Q_{total}}{v}} = 107,7\ mm \approx 4"$$

El diámetro del colector que sale del puesto de control es:

$$\phi_{superior} = \sqrt{\frac{21,22 \cdot Q_{total}}{v}} = 115,93 \approx 5''$$

8.5.15 TRANSFORMADORES SUBESTACIÓN 2

8.5.15.1 SISTEMA DE AGUA PULVERIZADA

El transformador asociado a la subestación 2 es el transformador sin depósito de aceite (hay dos unidades), por lo que la solución es la misma que la que se ha llegado anteriormente.

El transformador carece tanto de depósito de aceite como de zona de derrames. Su altura es de 1,103m, por lo que con un solo anillo es suficiente. También se va a proteger la caja de conexiones mediante una boquilla.

La superficie a proteger es de 12,8 m².

Puesto que la densidad de descarga es de 10,2 l/min·m², el caudal teórico necesario es:

$$Q_{teorico} = Area \cdot densidad = 130,56 \text{ lpm}$$

Teniendo en cuenta el 10% de gradiente hidráulico de sobrediseño, el caudal teórico es:

$$Q_{10\%gradiente} = 1,1 \cdot Q_{teorico} = 143,62 \text{ lpm}$$

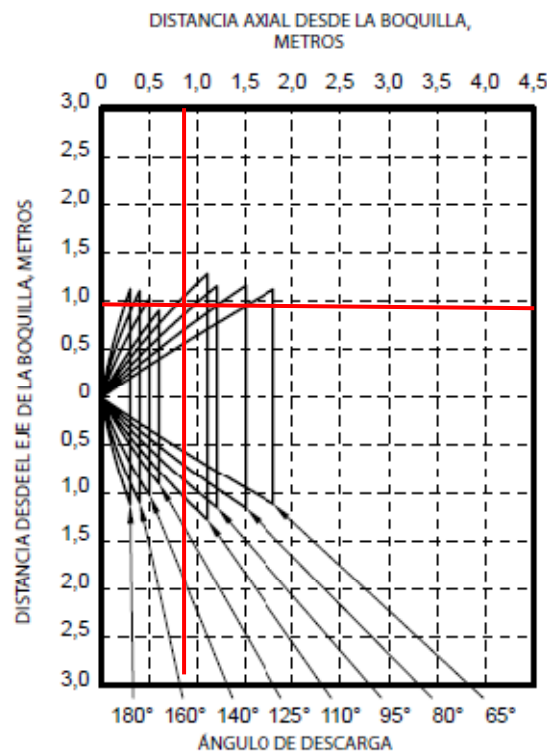
La solución óptima es poner 9 boquillas con un factor K de 17,3 l/min·bar^{0.5}. El caudal real de este anillo es de:

$$Q_{real} = N^{º}boq \cdot K \cdot \sqrt{P_{min}} = 246,2 \text{ lpm}$$

El diámetro obtenido es:

$$\phi_{superior} = \sqrt{\frac{21,22 \cdot Q_{real superior}}{v}} = 29,5 \approx 1 1/4''$$

De las 9 boquillas, 1 se utilizará para proteger la caja de conexiones, el resto se distribuyen a lo largo y ancho del anillo (dos en cada lado). La distancia radial máxima entre boquillas contiguas es de 1,6 m, y la distancia axial con el transformador será de 0,7 m (cumpliendo la condición); por lo que el ángulo de descarga de las boquillas ha de ser capaz de cubrir una distancia axial de 0,7 m y una distancia radial de al menos 0,9 m para que se cumpla la condición de solapamiento del 10% de su apertura total. Por tanto es válido el ángulo de descarga 110°.



8.5.16 SUBESTACIÓN 1 Y SALA DE CONTROL

8.5.16.1 SISTEMA DE AGUA PULVERIZADA

Hay que proteger el únicamente el edificio, ya que los transformadores de la subestación 1 ya se han protegido mediante un sistema de agua pulverizada explicada anteriormente.

La superficie a proteger es de 856,51 m².

Puesto que la densidad de descarga es de 5 l/min·m², el caudal teórico necesario es:

$$Q_{teorico} = Area \cdot densidad = 4282,55 \text{ lpm}$$

Teniendo en cuenta el 10% de gradiente hidráulico de sobrediseño, el caudal teórico es:

$$Q_{10\%gradiente} = 1,1 \cdot Q_{teorico} = 4710,81 \text{ lpm}$$

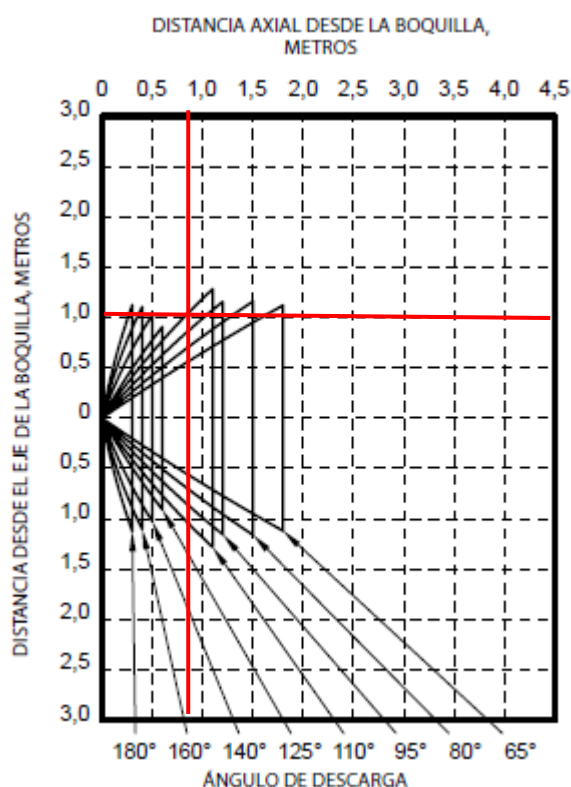
La solución que optimizaría el resultado sería 157 boquillas con un factor K de 17,3 l/min·bar^{0.5}, pero con este número de boquillas no se consigue cubrir toda la superficie ya que la cobertura radial de esta boquilla es, como máximo de 1,2 m, mientras que es necesario que sea mayor, por lo que la solución final son 193 boquillas con un factor K de 17,3 l/min·bar^{0.5}. No obstante, el caudal real:

$$Q_{real} = N^{o}boq \cdot K \cdot \sqrt{P_{min}} = 5279,26 \text{ lpm}$$

El diámetro de la tubería que va al puesto de control es de:

$$\phi_{pto\ control} = \sqrt{\frac{21,22 \cdot Q_{real}}{v}} = 152,7 \text{ mm} \approx 6"$$

La distancia radial entre boquillas contiguas es de 1,8 m, y ha de ser capaz de cubrir una distancia axial de 0,8 m y una distancia radial de al menos 1 m para que se cumpla la condición de solapamiento del 10% de su apertura total. Por tanto es válido el ángulo de descarga de 110°.



8.5.17 SUBESTACIÓN 2 Y SALA DE CONTROL

8.5.17.1 SISTEMA DE AGUA PULVERIZADA

Hay que proteger el únicamente el edificio, ya que los transformadores de la subestación 2 se han protegido mediante un sistema de agua pulverizada explicado anteriormente.

La superficie a proteger es de 700,26 m².

Puesto que la densidad de descarga es de 5 l/min·m², el caudal teórico necesario es:

$$Q_{teorico} = Area \cdot densidad = 3501,3 \text{ lpm}$$

Teniendo en cuenta el 10% de gradiente hidráulico de sobrediseño, el caudal teórico es:

$$Q_{10\%gradiente} = 1,1 \cdot Q_{teorico} = 4710,81 \text{ lpm}$$

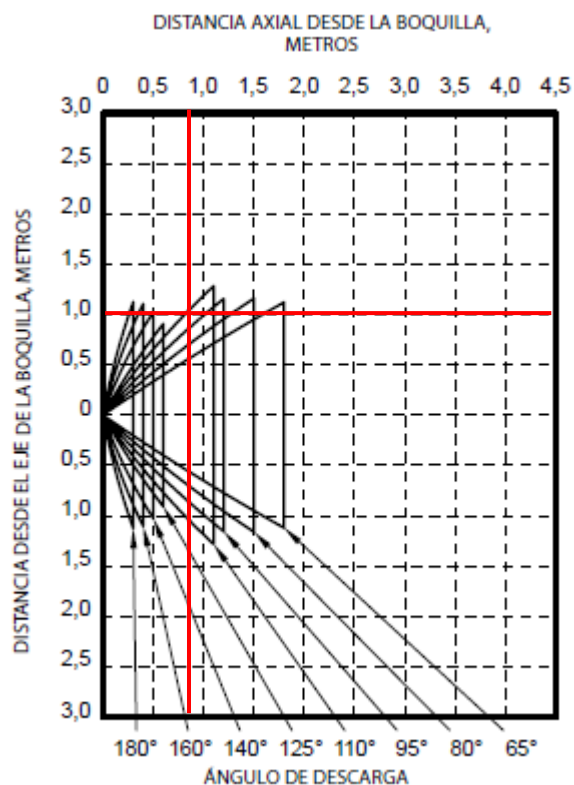
La solución que optimizaría el resultado sería 172 boquillas con un factor K de 17,3 l/min·bar^{0.5}, pero al igual que en la subestación 1 y la sala de control, con este número de boquillas no se consigue cubrir toda la superficie ya que la cobertura radial de esta boquilla como máximo es de 1,2 m, mientras que es necesario que sea mayor, por lo que la solución final son 192 boquillas con un factor K de 17,3 l/min·bar^{0.5}. No obstante, el caudal real:

$$Q_{real} = N^{boq} \cdot K \cdot \sqrt{P_{min}} = 5251,91 \text{ lpm}$$

El diámetro de la tubería que va al puesto de control es de:

$$\phi_{pto\ control} = \sqrt{\frac{21,22 \cdot Q_{real}}{v}} = 136,29 \text{ mm} \approx 5"$$

La distancia radial entre boquillas contiguas es de 1,8 m, y ha de ser capaz de cubrir una distancia axial de 0,8 m y una distancia radial de al menos 1 m para que se cumpla la condición de solapamiento del 10% de su apertura total. Por tanto es válido el ángulo de descarga de 110°.



8.5.18 SALA DE CONTROL BRAZOS DE DESCARGA

8.5.18.1 SISTEMA DE AGUA PULVERIZADA

La superficie a proteger es de 306,7m².

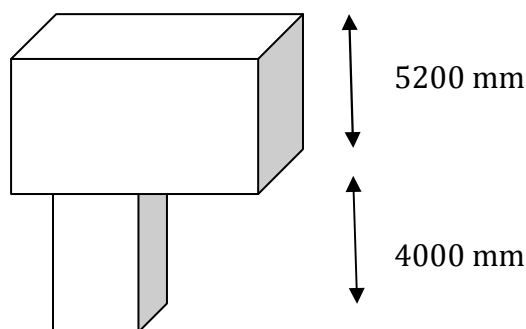
Puesto que la densidad de descarga es de 5 l/min·m², el caudal teórico necesario es:

$$Q_{teorico} = Area \cdot densidad = 1533,5 \text{ lpm}$$

Teniendo en cuenta el 10% de gradiente hidráulico de sobrediseño, el caudal teórico es:

$$Q_{10\%gradiente} = 1,1 \cdot Q_{teorico} = 1686,85 \text{ lpm}$$

Hay que proteger un edificio cuya estructura es:



Utilizando la misma metodología que en sistemas anteriores, repartimos el caudal en tres anillos, de modo que:

$$Q_{\text{anillo superior}} = 0,5 \cdot Q_{10\% \text{ gradiente por bomba}} = 843,43 \text{ lpm} = 50,61 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_{\text{anillo intermedio}} = 0,3 \cdot Q_{10\% \text{ gradiente por bomba}} = 506,05 \text{ lpm} = 30,36 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_{\text{anillo inferior}} = 0,2 \cdot Q_{10\% \text{ gradiente por bomba}} = 337,37 \text{ lpm} = 20,24 \text{ m}^3/\text{h}$$

Ahora existen varias opciones:

- De los tres anillos que hay (en principio) dos de ellos protegerán la parte superior y uno la parte inferior, o viceversa. Esta opción no es válida, ya que aquella zona en la que solo haya un anillo quedará desprotegida ya que la cobertura de las boquillas como máximo es de 4,8 m, menor que la altura de cualquiera de las dos zonas.
- Desdoblar algún caudal. La mejor opción es desdoblar aquel anillo cuyo caudal sea el mayor, es decir, el superior, por lo que el anillo superior estará formado realmente por dos anillos.

1. ANILLO SUPERIOR

La solución que optimizaría el resultado sería 31 boquillas con un factor K de $17,3 \text{ l/min} \cdot \text{bar}^{0.5}$, pero con este número de boquillas no se consigue cubrir toda la superficie, ya que la cobertura radial de esta boquilla es, como máximo de 1,2 m; mientras que es necesario que sea mayor, por lo que la solución final son 22 boquillas en cada uno de los dos anillos, con un factor K de $17,3 \text{ l/min} \cdot \text{bar}^{0.5}$. No obstante, el caudal real:

$$Q_{real\ superior\ por\ anillo} = N^{\circ}boq \cdot K \cdot \sqrt{P_{min}} = 601,78 \text{ lpm}$$

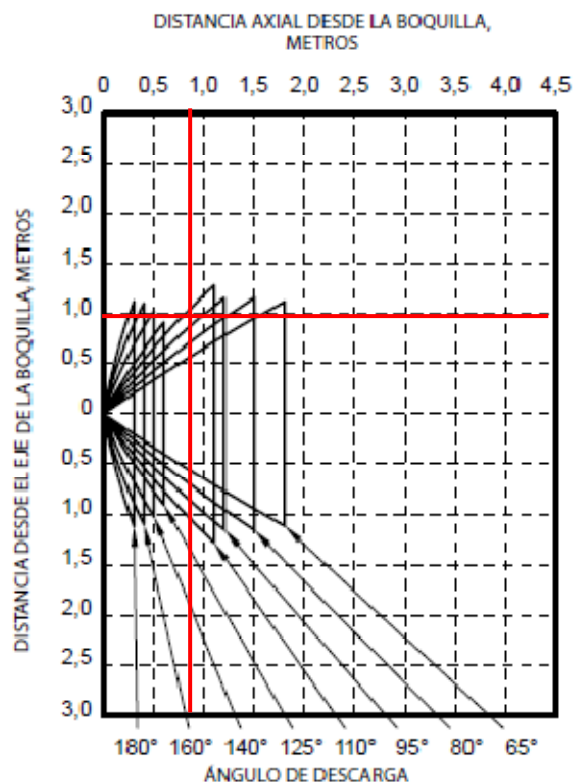
El diámetro de la tubería de cada anillo suponiendo una velocidad máxima de 6 m/s es de:

$$\phi_{cada\ anillo\ superior} = \sqrt{\frac{21,22 \cdot Q_{real\ superior\ por\ anillo}}{v}} = 46 \text{ mm} \approx 2"$$

Por lo que el caudal real de este conjunto de anillos es:

$$Q_{real\ superior} = N^{\circ}boq \cdot K \cdot \sqrt{P_{min}} = 1203,56 \text{ lpm}$$

La distancia radial máxima entre boquillas contiguas es de 1,64 m, y ha de ser capaz de cubrir una distancia axial de 0,8 m y una distancia radial de al menos 0,9 m para que se cumpla la condición de solapamiento del 10% de su apertura total. Por tanto es válido el ángulo de descarga de 110° .



2. ANILLO INTERMEDIO

Dado que la zona superior no está bien cubierta con los dos anillos anteriores, ya que únicamente pueden cubrir 4 m a lo sumo (porque el radio que cubre cada boquilla es de 1m como máximo, por lo que entre las dos pueden llegar a cubrir 4 m), es necesario colocar otro anillo más, por lo que este anillo se encargará de proteger la zona superior.

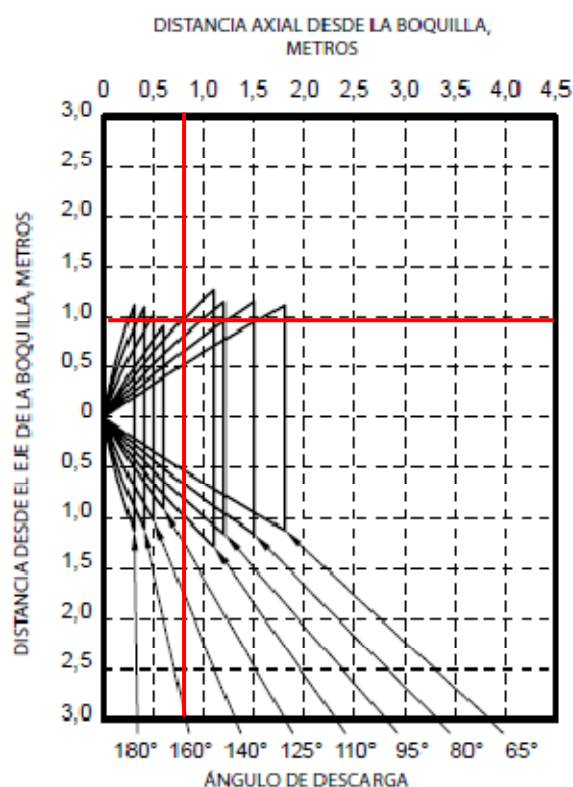
La solución que optimizaría el resultado sería 19 boquillas con un factor K de $17,31/\text{min} \cdot \text{bar}^{0.5}$, pero con este número de boquillas no se consigue cubrir toda la superficie ya que la cobertura radial de esta boquilla es, como máximo de 1,2 m, mientras que es necesario que sea mayor, por lo que la solución final son 22 boquillas. No obstante, el caudal real:

$$Q_{\text{real intermedio por anillo}} = N^{\circ} \text{boq} \cdot K \cdot \sqrt{P_{\text{min}}} = 601,78 \text{ lpm}$$

El diámetro de la tubería de cada anillo suponiendo una velocidad máxima de 6 m/s es de:

$$\phi_{\text{anillo intermedio}} = \sqrt{\frac{21,22 \cdot Q_{\text{real intermedio por anillo}}}{v}} = 46 \text{ mm} \approx 2''$$

La distancia radial entre boquillas contiguas es de 1,65 m, y ha de ser capaz de cubrir una distancia axial de 0,7 m y una distancia radial de al menos 0,9 m para que se cumpla la condición de solapamiento del 10% de su apertura total. Por tanto es válido el ángulo de descarga de 110°.



3. ANILLO INFERIOR

Este anillo ha de proteger a la zona inferior. Dado que la solución que optimizaría el resultado sería poner 13 boquillas con un factor K de 17,3 l/min·bar^{0.5}, pero con este número de boquillas (debido además a su factor K) no se consigue cubrir toda la

superficie ya que la cobertura radial de esta boquilla como máximo es de 1,2 m (en total cubre 2,4m, por lo que no se consigue proteger toda la altura de la zona inferior de la sala de control), por lo que es necesario también desdoblarse este caudal en dos anillos. Para que cada uno de estos anillos sea capaz de proteger su superficie adjudicada, han de tener 14 boquillas cada anillo. No obstante, el caudal real:

$$Q_{real superior por anillo} = N^{o}boq \cdot K \cdot \sqrt{P_{min}} = 382,95 \text{ lpm}$$

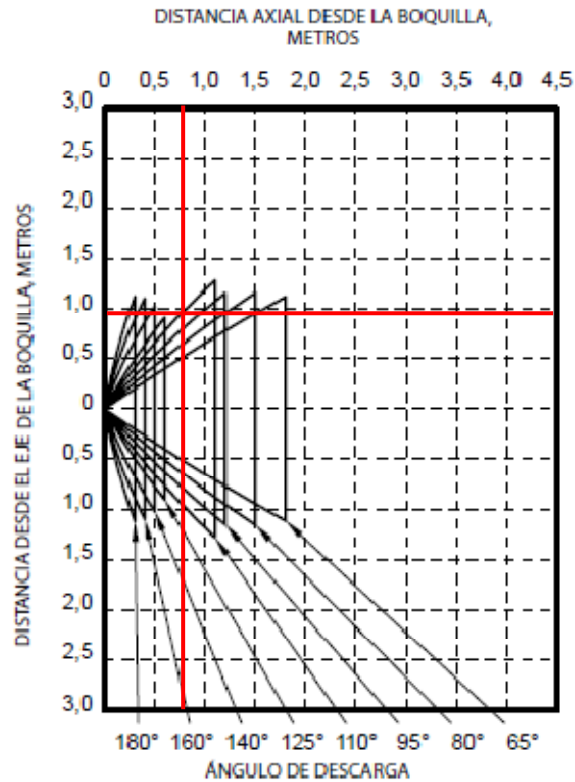
El diámetro de la tubería de cada anillo suponiendo una velocidad máxima de 6 m/s es de:

$$\phi_{anillo inferior} = \sqrt{\frac{21,22 \cdot Q_{real superior por anillo}}{v}} = 36,8 \text{ mm} \approx 1 \frac{1}{4}''$$

Por lo que el caudal real de este conjunto de anillos es:

$$Q_{real inferior} = N^{o}boq \cdot K \cdot \sqrt{P_{min}} = 1203,56 \text{ lpm}$$

La distancia máxima entre boquillas contiguas es de 1,5 m, y ha de ser capaz de cubrir una distancia axial de 0,8 m y una distancia radial de al menos 0,9 m para que se cumpla la condición de solapamiento del 10% de su apertura total. Por tanto es válido el ángulo de descarga de 110°.



SISTEMA COMPLETO

El caudal total que se necesita es:

$$Q_{total} = Q_{anillo superior} + Q_{anillo intermedio} + Q_{anillo inferior} = 2571,24 \text{ lpm}$$

$$V_{agua} = \sum_1^i \pi \cdot r_{tuberia}^2 \cdot l$$

El diámetro de la tubería de la tubería del puesto de control suponiendo una velocidad máxima de 6 m/s es de:

$$\phi_{anillo inferior} = \sqrt{\frac{21,22 \cdot Q_{total}}{v}} = 95,36 \text{ mm} \approx 4"$$

8.6 DATOS OBTENIDOS DEL PROGRAMA DE CÁLCULO HIDRÁULICO HASS

8.6.1 SISTEMA DE AGUA PULVERIZADA

| NOMBRE EQUIPO | CAUDAL TEORICO CALCULADO | DEMANDA REAL HASS | PRESION DISPONIB | PRESION NECESARIA | VELOC. MAXIMA |
|--|--------------------------|-------------------|------------------|-------------------|------------------------------------|
| Bombas secundarias | 2802,8 | 3070.8 | 7.816 | 7.774 | 7.07 (no en pto control, ahí 5.68) |
| Compresor BOG fachada (anillo superior) | 11725 | 12394 | 7,892 | 7,546 | 7.11 (no en pto control) |
| Compresor BOG fachada (anillo intermedio) | 10450 | 10752 | 6,973 | 6,525 | 7.29(no en pto control) |
| Compresor BOG fachada (anillo inferior) | 7650 | 8015,4 | 7,91 | 8,028 | 7,67(no en pto control) |
| Compresor BOG cubierta | 11149.5 | 11540.2 | 7.934 | 7.75 | 6.75(no es la tubería) |

| | | | | | |
|---|--------|--------|-------|-------|---------------------------------|
| | | | | | del pto control ahí 5.74) |
| Tanque GNL: Plataforma bombas primarias y estructura de soporte (parte 1) | 5532.7 | 5794.4 | 7.911 | 8.157 | 5.4 |
| Tanque GNL: Plataforma bombas primarias y estructura de soporte (parte 2) | 5532.7 | 5794.4 | 7.911 | 8.157 | 5.4 |
| Tanque GNL: Otras plataformas en cúpula, escaleras y ascensor | 2462 | 2560.6 | 7.925 | 7.784 | 4.4 |
| Tanque GNL: Tuberías y bandejas de cables que suben a | 3685.6 | 3983.8 | 7.845 | 7.846 | 5.46 |

| | | | | | |
|--|--------|--------|-------|-------|-----------------------------------|
| cúpula (parte 1) | | | | | |
| Tanque GNL: Tuberías y bandejas de cables que suben a cúpula (parte 2) | 3685.6 | 3983.8 | 7.845 | 7.846 | 5.46 |
| Tanque GNL: Plataformas de válvulas de corte en estructura rack interconexión | 2049 | 2071.8 | 7.979 | 7.84 | 6.46 |
| Vaporizador. Combust. sumergida | 1203.6 | 1316.9 | 7.819 | 7.97 | 4.11 |
| Vaporizador. Agua de mar | 3415 | 3810 | 7.776 | 7.685 | 5.94 (no es en pto control) |
| Plataforma del Jetty (plataforma valvulas de atraque) | 4166.6 | 4502.8 | 7.846 | 7.378 | 7.4 (no en pto control, ahí 5.51) |

| | | | | | |
|--|--------|--------|-------|-------|--|
| Ko drum (plataforma valvulas de ataque) | 1539.1 | 1558.8 | 7.976 | 7.806 | 11.14 (no es en pto control) |
| Relicudador | 984.7 | 1094.7 | 6.784 | 6.636 | 4.92 |
| Separacion aspiracion compresor | 710.9 | 720.6 | 6.975 | 6.747 | 5.01 |
| KO drum de antorcha | 2295.8 | 2388.6 | 7.924 | 7.897 | 5.98 |
| Cargadero camiones cisterna | 6773 | 7391 | 6.825 | 6.598 | 6.18 (es puesto de control) |
| Estación de medida | 6594.3 | 7177.5 | 7.83 | 7.651 | 6.88 (no en pto control, ahí son 6) |
| Trafos subestación 1 | 3280.1 | 3682.4 | 6.761 | 6.405 | 6.88 (no pto control ahí 3.08) |
| Trafos subestación 2 | 492.4 | 528.3 | 6.861 | 7.093 | 7.3 (no en pto control ahi son 3.77) |

| | | | | | |
|---|--------|--------|-------|-------|--|
| Subestacion 1 y sala de control | 5280 | 6174.8 | 7.664 | 7.447 | 5.78 |
| Subestación 2 y sala de control | 5252 | 5856.8 | 7.77 | 7.547 | 6.03 |
| Sala de control brazos de descarga | 2571.2 | 2981 | 7.685 | 7.747 | 6.68 (no en pto de control, ahí 5.51) |
| Plataforma Racks válvulas de deposito | 2039 | 2063.8 | 7.977 | 7.678 | 6.43 |

8.6.2 CORTINAS

| NOMBRE EQUIPO | CAUDAL TEORICO CALCULA DO | CAUDAL REAL HASS | PRESION DISPONIB | PRESION NECESARI A | VELOC. MAXIMA |
|----------------------------|------------------------------------|------------------------|---------------------|--------------------------|--|
| Bombas secundarias | 5136 | 5150.8 | 7.995 | 8.126 | 5.32 |
| Zona compresores BOG | 10625 | 11828 | 7.781 | 7.825 | 6.84 (no en pto control ahí 5.89) |

| | | | | | |
|---|--------|--------|-------|-------|--|
| Tanque GNL: Plataformas de válvulas de corte en estructura rack interconexión a pie de tanque | 9758.4 | 9819 | 6.988 | 6.967 | 6.55 (no en pto control ahí 4.11) |
| Vaporizador. Combus. sumergida | 7190.4 | 7767.9 | 7.846 | 7.778 | 5.66 |
| Vaporizador. Agua de mar | 6163.2 | 6163.4 | 8 | 8.054 | 5.15 |
| Plataforma del pantalán | 7190.4 | 7277.6 | 7.977 | 7.9 | 6.09 |
| Cargadero de camiones cisterna | 4108.8 | 5201.5 | 7.453 | 7.731 | 5.14 |
| Plataforma racks válvulas (tanque almacenam) | 5136 | 5136.5 | 7 | 6.824 | 4.3 |

8.7 CÁLCULO DEL DEPÓSITO DE AGUA DULCE

El depósito de agua dulce se ha de dimensionar (según el apartado 6.2.4) para que su capacidad sea suficiente para llenar el sistema y realizar un lavado del mismo tras el uso de agua de mar; también deberá tener capacidad suficiente para realizar pruebas en sistemas y entrenamiento del personal. Por tanto, hay que calcular el volumen de la red de tuberías contra incendios. Para ello se utilizará la fórmula:

$$V_{agua} = \sum_1^i \pi \cdot r_{tuberia}^2 \cdot l$$

Tanto el diámetro de la tubería de la red c.i como la longitud de la misma se puede observar en el plano de la red de contra incendios. El valor obtenido es:

$$V_{agua} = \sum_1^i \pi \cdot r_{tuberia}^2 \cdot l = 63385,5 \text{ m}^3$$

Como hay que tener en cuenta un caudal para realizar pruebas en sistemas y entrenamiento del personal, se le añadirá un 15%, por lo tanto:

$$V_{total\ agua} = 72894 \text{ m}^3$$

8.8 SELECCIÓN DE LA BOMBA

8.8.1 OPCIÓN 1: TANQUE METÁLICO CON RECUBRIMIENTO DE HORMIGÓN

Para poder seleccionar la bomba es necesario seguir una serie de pasos:

1. Dado que el foco de incendio será único (a no ser que sea un fuego provocado), es necesario conocer cuál es la zona más desfavorable. Será aquella cuyo caudal sea el mayor, en este caso el máximo caudal se obtiene en la zona de almacenamiento, es decir, en cualquiera de los tanques de GNL.

2. Hay que saber cuál es la máxima presión demandada entre todos los sistemas que se activan en la zona más desfavorable en caso de incendio (este dato es dado por el programa utilizado, HASS). Al calcular la demanda máxima se considerará el caudal de los hidrantes y otros equipos de protección contra el fuego que utilicen agua simultáneamente de la misma fuente [12]. A continuación se muestra una tabla donde se indica las necesidades de cada uno de los sistemas que protegen el tanque.

| SISTEMA DE AGUA PULV. | CAUDAL (lpm) | DEMANDA (lpm) | PRESIÓN NECESARIA (bar) | PRESIÓN DISPONIBLE (bar) | VELOC. MÁXIMA (m/s) |
|---|---------------------|----------------------|--------------------------------|---------------------------------|----------------------------|
| Tanque GNL: Plataforma bombas primarias y estructura de soporte (parte 1) | 5532,7 | 5794,4 | 7,911 | 8,157 | 5,4 |
| Tanque GNL: Plataforma bombas primarias y estructura de soporte (parte 2) | 5532,7 | 5794,4 | 7,911 | 8,157 | 5,4 |
| Tanque GNL: Otras plataformas en cúpula, escaleras y ascensor | 2462 | 2560,6 | 7,925 | 7,784 | 4,4 |
| Tanque GNL: Tuberías y bandejas de cables que suben a cúpula | 3685,6 | 3983,8 | 7,845 | 7,846 | 5,46 |

| | | | | | |
|--|--------|--------|-------|-------|--|
| (parte 1) | | | | | |
| Tanque GNL: Tuberías y bandejas de cables que suben a cúpula (parte 2) | 3685,6 | 3983,8 | 7,845 | 7,846 | 5,46 |
| Tanque GNL: Plataformas de válvulas de corte en estructura rack interconexión | 2049 | 2071,8 | 7,979 | 7,84 | 6,46 (si q es la tubería q va al pto control) |

| SIST. HYDRO-SHIELDS | CAUDAL | DEMANDA | PRESIÓN NECESARIA | PRESIÓN DISPONIBLE | VELOCIDAD MÁXIMA |
|---|--------|---------|-------------------|--------------------|---|
| Tanque GNL: Plataformas de válvulas de corte en estructura rack interconexión a pie de tanque | 9758,4 | 9819 | 6,988 | 6,967 | 6,55 (no en pto control ahí 4,11) |

| HIDRANTE | CAUDAL (lpm) | DEMANDA (lpm) | PRESIÓN NECESARIA (bar) | PRESIÓN DISPONIBLE (bar) | VELOCIDAD MÁXIMA (m/s) |
|--|-----------------|------------------|----------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| Hidrante más desfavorable en la zona del tanque | 2500 | 2500,1 | 7,393 | 8 | 5,8 |

Como se puede observar, la máxima presión necesaria es la demandada por “Plataformas de válvulas de corte en estructura rack interconexión”.

- Una vez conocida la presión, se “supone” que todos los sistemas van a actuar a la misma, siendo esta la máxima necesaria, y se calcula un factor K equivalente para cada uno de los sistemas. A continuación se calcula este factor para cada uno de los sistemas:

$$K_{equivalente_i} = \frac{Demanda_i}{\sqrt{P_{necesaria_{maxima}}}}$$

La máxima presión necesaria es 7,979 bar que corresponde a “Plataformas de válvulas de corte en estructura rack interconexión”.

| SISTEMA | DEMANDA (lpm) | K_{equivalente} |
|--|--------------------------|--------------------------------|
| Tanque GNL: Plataforma bombas primarias y estructura de soporte (parte 1) | 5794,4 | 2051,32 |
| Tanque GNL: Plataforma bombas primarias y estructura de soporte (parte 2) | 5794,4 | 2051,32 |
| Tanque GNL: Otras plataformas en cúpula, escaleras y ascensor | 2560,6 | 906,5 |
| Tanque GNL: Tuberías y bandejas de cables que suben a cúpula (parte 1) | 3983,8 | 1410,34 |

| | | |
|---|--------|---------|
| Tanque GNL: Tuberías y bandejas de cables que suben a cúpula (parte 2) | 3983,8 | 1410,34 |
| Tanque GNL: Plataformas de válvulas de corte en estructura rack interconexión | 2071,8 | 733,455 |
| Tanque GNL: Plataformas de válvulas de corte en estructura rack interconexión a pie de tanque | 9819 | 3476,1 |
| Hidrante más desfavorable | 2500,1 | 885 |

4. Se impone la condición de que aquel sistema más desfavorable (el que se encuentre más lejos de la zona de bombas), reciba su presión mínima necesaria para actuar, de esta forma se asegura el funcionamiento de todos los sistemas.
5. Una vez hecho esto e introducidos los datos en el programa, este te devuelve la demanda de caudal y la presión necesaria, que son el caudal nominal y la presión nominal de la bomba.

Por lo que los dos parámetros que definen la bomba necesaria para esta instalación son:

Caudal nominal=30450 lpm.

Presión nominal= 9,1 bar.

Pero como se exige en el apartado 6.2.4 en la especificación 6, es necesario añadir un caudal de 360 m³/h para medios manuales, por lo que finalmente, la bomba necesaria para esta instalación sería:

Caudal nominal=36450 lpm

Presión nominal= 9,1 bar

En la curva característica de los grupos de bombeo principales, se deberán cumplir los siguientes puntos [23]:

- A caudal cero, la presión no será superior al 130% de la presión nominal, y en todo caso, los componentes de la instalación de extinción de incendios estarán previstos para soportar la presión correspondiente a dicho caudal cero.
- A caudal 140% del nominal, la presión no será inferior al 70% de la presión nominal.

Como se especifica en el apartado 6.2.5 :

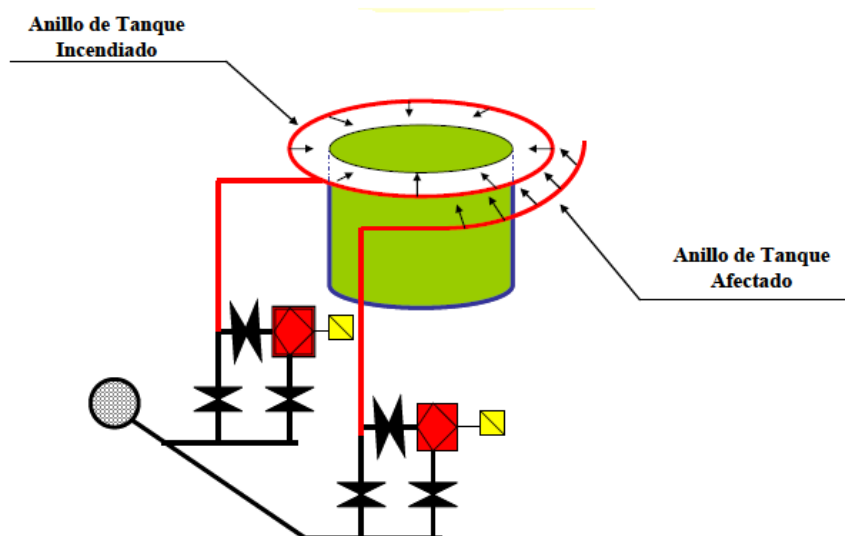
“En la captación de agua de mar se instalará el equipo de bombeo de agua contra incendios estará formado por 3 bombas del 50% del caudal necesario siendo dos de motor Diesel y una eléctrica.”

8.8.2 OPCIÓN 2: TANQUE METÁLICO SIN RECUBRIMIENTO DE HORMIGÓN

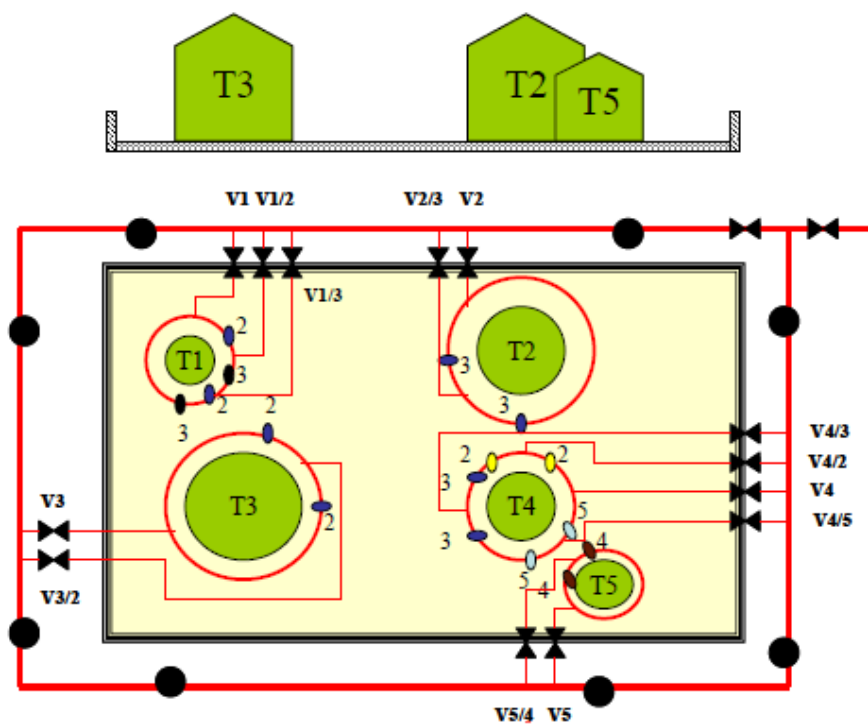
Como se ha mencionado anteriormente, se va a explicar la protección de la superficie del tanque si este fuera enteramente metálico. Los sistemas de la opción 1 se mantendrían, simplemente se añadiría además el que viene a continuación.

Antes de proceder con los cálculos hidráulicos, es necesario hacer un comentario sobre la protección de tanques:

En aquellos recintos en los que exista más de un tanque, es necesario saber si los centros de ambos se encuentran a una distancia inferior a $2,5 R_{\text{tanque}}$, ya que entonces es necesario prever la protección del tanque contiguo mediante un cuarto de anillo:



A continuación se pone un ejemplo de un recinto en el que existen cuatro tanques, y de los cuartos de anillo para la protección de los tanques afectados en caso de incendio:



Se va a suponer en los cálculos hidráulicos que los centros de los tanques construidos se encuentran a una distancia inferior a $2,5R_{\text{tanque}}$, por lo que es necesaria la protección del tanque contiguo.

8.8.2.1 TANQUE NDE ALMACENAMIENTO DE GNL

8.8.2.1.1 SISTEMA DE AGUA PULVERIZADA

La superficie lateral del tanque es $9367,63 \text{ m}^2$, el área de la cúpula es $4569,6 \text{ m}^2$.

En este caso hay que diferenciar dos densidades, la de la superficie lateral y la de la cúpula:

$D_{\text{lateral}} = 3 \text{ l/min} \cdot \text{m}^2$ Ya que está estipulado así para tanques de techo fijo que contengan líquidos cuyo punto de inflamación sea mayor de 21°C .

$D_{\text{cupula}} = 10 \text{ l/min} \cdot \text{m}^2$ Ya que está estipulado así para tanques de techo fijo que contengan líquidos cuyo punto de inflamación sea mayor de 21°C .

Por lo tanto el caudal necesario para la protección de todo el tanque es:

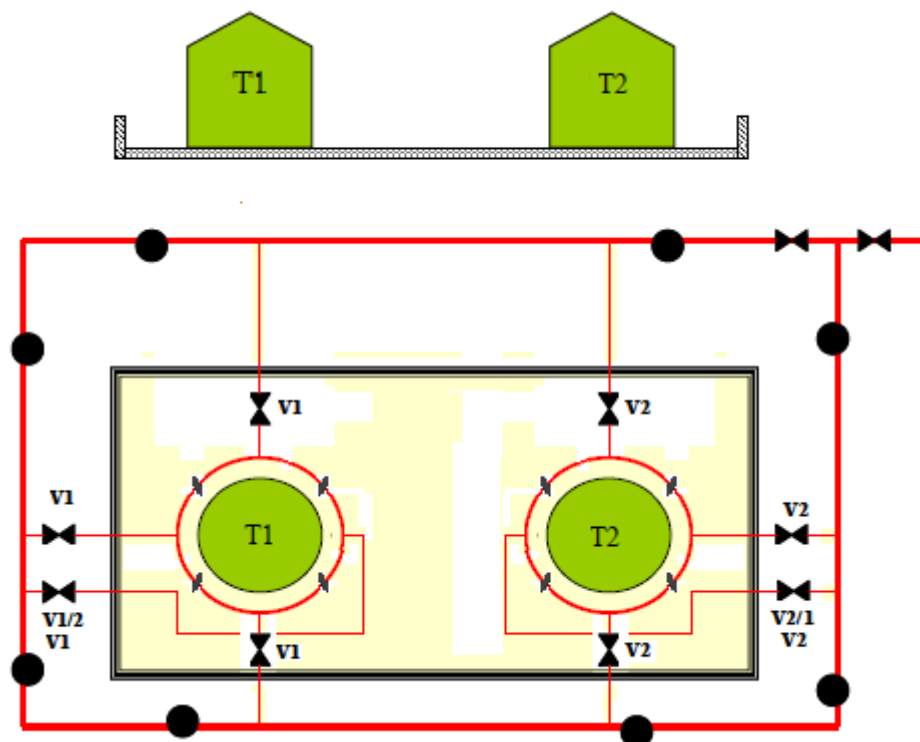
$$Q_{\text{total}} = S_{\text{lateral}} \cdot D_{\text{lateral}} + S_{\text{cupula}} \cdot D_{\text{cupula}} = 73798,9 \text{ lpm} = 48780,73 \text{ m}^3/\text{h}$$

Teniendo en cuenta el 10% de gradiente hidráulico de sobre-diseño, el caudal teórico es:

$$Q_{10\% \text{ gradiente}} = 1,1 \cdot Q_{\text{total}} = 81178,7 \text{ lpm}$$

Debido al gran tamaño del tanque, para que los sistemas estén menos exigidos y el diámetro del puesto de control sea menor de 10" (ya que si no, es excesivo y puede ser contraproducente), es necesario dividir el caudal en tres anillos (además de que como ya se ha mencionado para recipientes de más de 3,5 m es necesario hacerlo), y a su vez cada uno de ellos en cuartos de anillo. La división en cuartos de anillos es una ventaja, ya que al

tener que proteger el tanque contiguo, no va a ser necesario añadir otro cuarto de anillo, si no que es posible controlarlo con el mismo que protege al tanque. Se muestra a continuación una figura para que se vea más claramente:



El caudal que ha de circular por cada anillo, es:

$$Q_{\text{anillo superior}} = 0,5 \cdot Q_{10\% \text{ gradiente}} = 40589,32 \text{ lpm} = 2435,36 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_{\text{anillo intermedio}} = 0,25 \cdot Q_{10\% \text{ gradiente}} = 20294,68 \text{ lpm} = 1217,68 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_{\text{anillo inferior}} = 0,25 \cdot Q_{10\% \text{ gradiente}} = 20294,68 \text{ lpm} = 1217,68 \text{ m}^3/\text{h}$$

A su vez se divide cada anillo en cuarto de anillo, por lo que el caudal que circula por cada uno de los cuartos de anillo es:

$$Q_{\text{cuarto anillo superior}} = \frac{1}{4} Q_{\text{anillo superior}} = 10147,33 \text{ lpm} = 608,84 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_{\text{cuarto anillo intermedio}} = \frac{1}{4} Q_{\text{anillo intermedio}} = 5073,67 \text{ lpm} = 304,42 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_{\text{cuarto anillo inferior}} = \frac{1}{4} Q_{\text{anillo inferior}} = 5073,67 \text{ lpm} = 304,42 \text{ m}^3/\text{h}$$

1. ANILLO SUPERIOR

La solución óptima es poner 62 boquillas en el cuarto anillo con un factor K de 103,7 l/min·bar^{0.5}, con una separación entre ellas de 1,03 m.

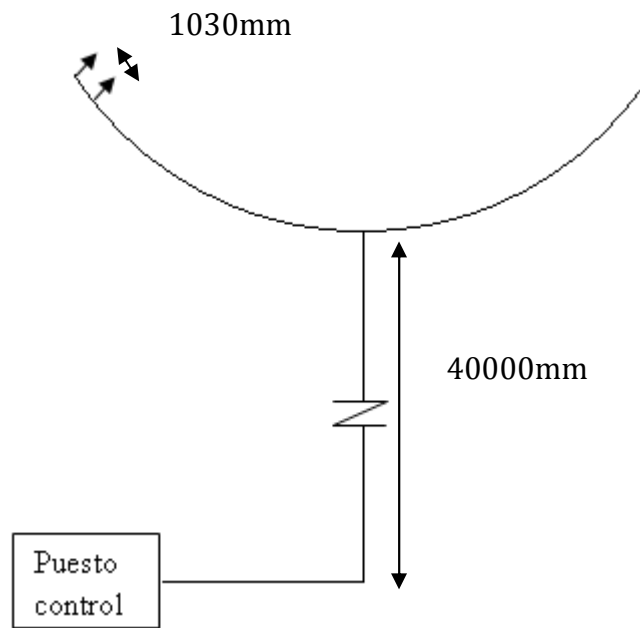
El caudal real de este anillo sería:

$$Q_{\text{real superior}} = N^{\circ}boq \cdot K \cdot \sqrt{P_{\text{min}}} = 62 \cdot 103,7 \cdot \sqrt{2,5} = 10165,77 \text{ lpm}$$

El diámetro de este cuarto de anillo (teniendo en cuenta que la subida desde la tubería del puesto de control llega a la mitad del cuarto de anillo, por lo que el caudal se divide) suponiendo velocidad máxima de 6 m/s será de:

$$\phi_{\text{superior}} = \sqrt{\frac{21,22 \cdot Q_{\text{real superior}}}{v}} = \sqrt{\frac{21,22 \cdot 5082,88}{6}} = 134,1 \text{ mm} \approx 5"$$

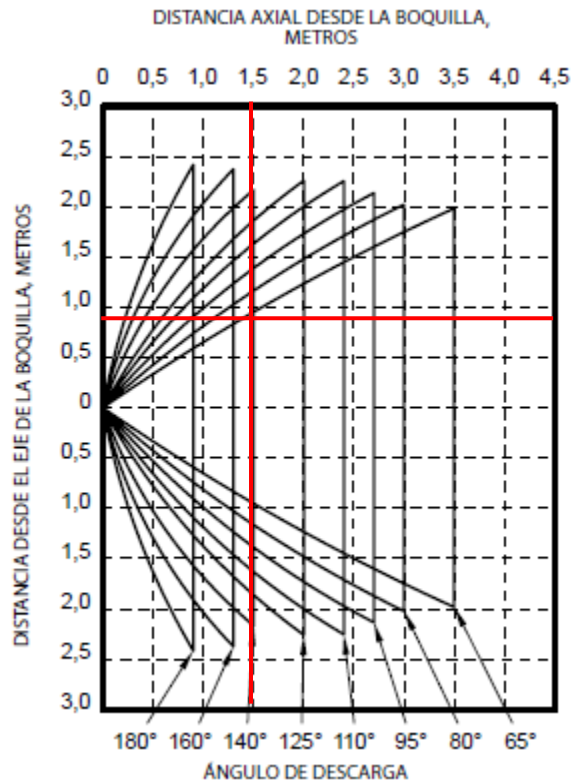
La representación a modo de esquema del cuarto de anillo es la siguiente:



El diámetro de la tubería de la tubería del puesto de control suponiendo una velocidad máxima de 6 m/s es de:

$$\phi_{anillo inferior} = \sqrt{\frac{21,22 \cdot Q_{real superior}}{v}} = 189,61 \text{ mm} \approx 8''$$

Son válidas las boquillas cuyo ángulo de descarga se encuentre comprendido entre los valores: 65° - 140° ya que la distancia axial desde las boquillas al tanque es de 1,5 m y tiene que cubrir una distancia radial de al menos 0,7 m para que se solape un 10% de su apertura.



2. ANILLO INTERMEDIO

La solución óptima es poner 40 boquillas en el cuarto anillo con un factor K de 103,7 l/min·bar^{0.5}, con una separación entre ellas de 1,61 m.

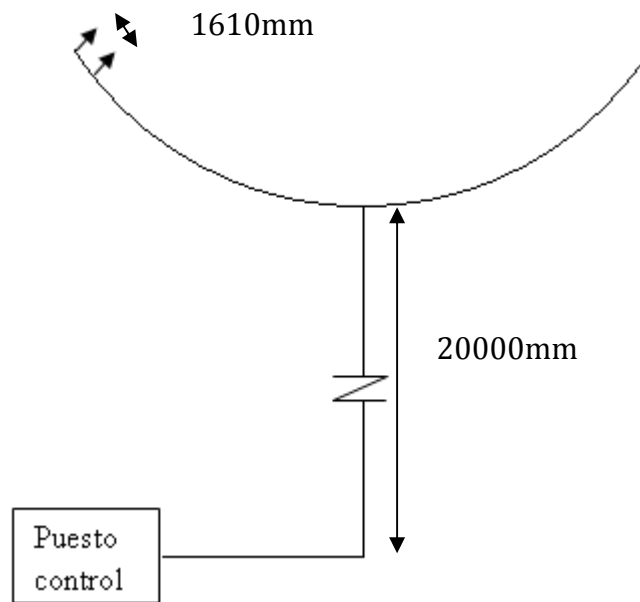
El caudal real de este anillo sería:

$$Q_{real\ intermedio} = N^{º}boq \cdot K \cdot \sqrt{P_{min}} = 40 \cdot 80,6 \cdot \sqrt{2,5} = 5097,59\ lpm$$

El diámetro de este cuarto de anillo (teniendo en cuenta que la subida desde la tubería del puesto de control llega a la mitad del cuarto de anillo, por lo que el caudal se divide) suponiendo velocidad máxima de 6 m/s será de:

$$\phi_{intermedio} = \sqrt{\frac{21,22 \cdot Q_{real\ intermedio}}{v}} = 94,94\ mm \approx 4"$$

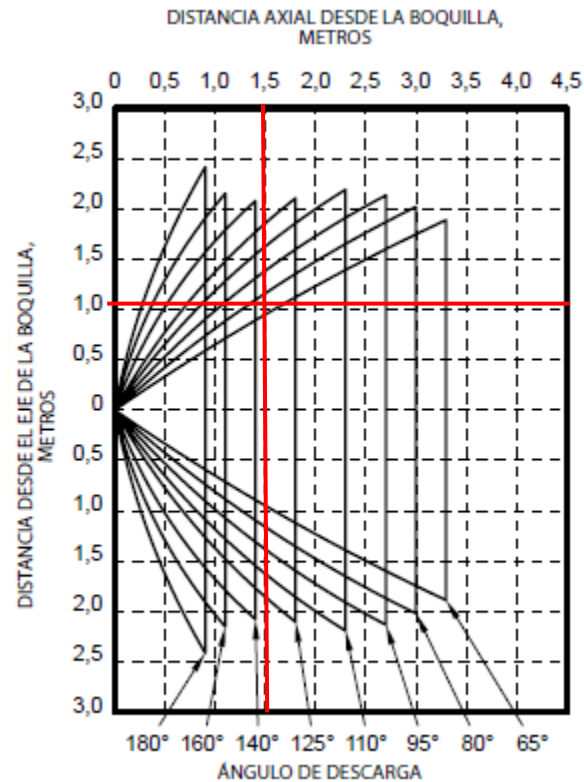
La representación a modo de esquema del cuarto de anillo es la siguiente:



El diámetro de la tubería de la tubería del puesto de control suponiendo una velocidad máxima de 6 m/s es de:

$$\phi_{pto\ control} = \sqrt{\frac{21,22 \cdot Q_{real\ intermedio}}{v}} = 134,27\ mm \approx 5"$$

Son válidas las boquillas cuyo ángulo de descarga se encuentre comprendido entre los valores: 80° - 125° ya que la distancia axial desde las boquillas al tanque es de 1,5 m y tiene que cubrir una distancia radial de al menos 1 m para que se solape un 10% de su apertura.



3. ANILLO INFERIOR

La solución óptima es poner 40 boquillas en el cuarto anillo con un factor K de 103,7 l/min·bar^{0.5}, con una separación entre ellas de 1,61 m.

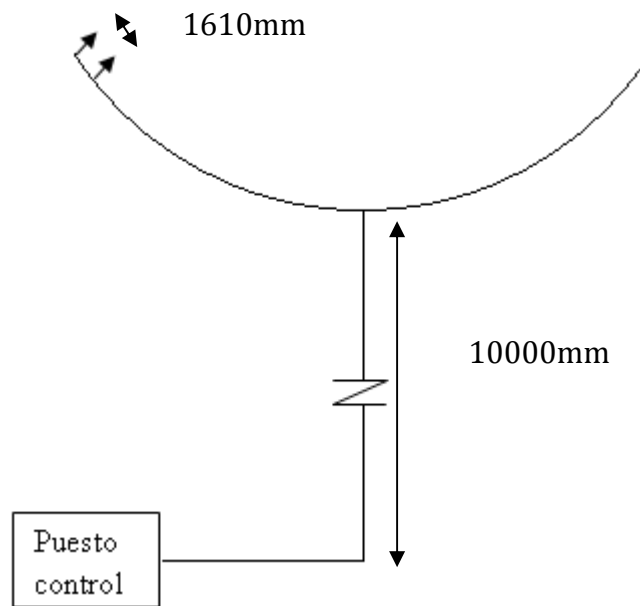
El caudal real de este anillo sería:

$$Q_{real\ inferior} = N^{\circ}boq \cdot K \cdot \sqrt{P_{min}} = 40 \cdot 80,6 \cdot \sqrt{2,5} = 5097,59\ lpm$$

El diámetro de este cuarto de anillo (teniendo en cuenta que la subida desde la tubería del puesto de control llega a la mitad del cuarto de anillo, por lo que el caudal se divide) suponiendo velocidad máxima de 6 m/s será de:

$$\phi_{pto\ control} = \sqrt{\frac{21,22 \cdot Q_{real\ intermedio}}{v}} = 94,94\ mm \approx 4"$$

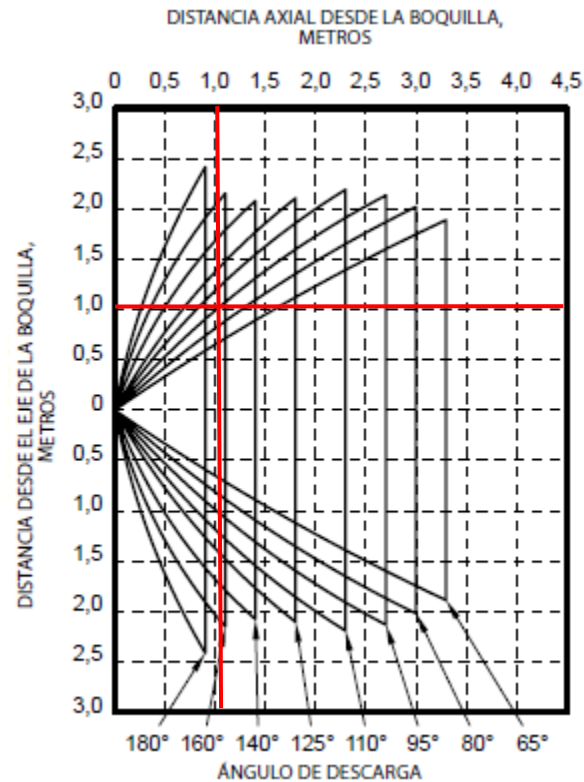
La representación a modo de esquema del cuarto de anillo es la siguiente:



El diámetro de la tubería de la tubería del puesto de control suponiendo una velocidad máxima de 6 m/s es de:

$$\phi_{anillo\ pto\ control} = \sqrt{\frac{21,22 \cdot Q_{real\ inferior}}{v}} = 134,27\ mm \approx 5"$$

Son válidas las boquillas cuyo ángulo de descarga se encuentre comprendido entre los valores: 80° - 125° ya que la distancia axial desde las boquillas al tanque es de 1,5 m y tiene que cubrir una distancia radial de al menos 1 m para que se solape un 10% de su apertura.



SISTEMA COMPLETO

El caudal necesario para proteger la superficie del tanque de almacenamiento de gas natural es de:

$$Q_{real} = 4 \cdot Q_{real superior} + 4 \cdot Q_{real intermedio} + 4 \cdot Q_{real inferior} = 81443,8 \text{ lpm}$$

8.8.2.2 SELECCIÓN DE LA BOMBA

Repitiendo los pasos explicados en el apartado 8.5.1, añadiendo a los sistemas la protección de la envolvente del tanque de almacenamiento de GNL, se obtiene que los parámetros que definen la bomba necesaria para esta instalación son:

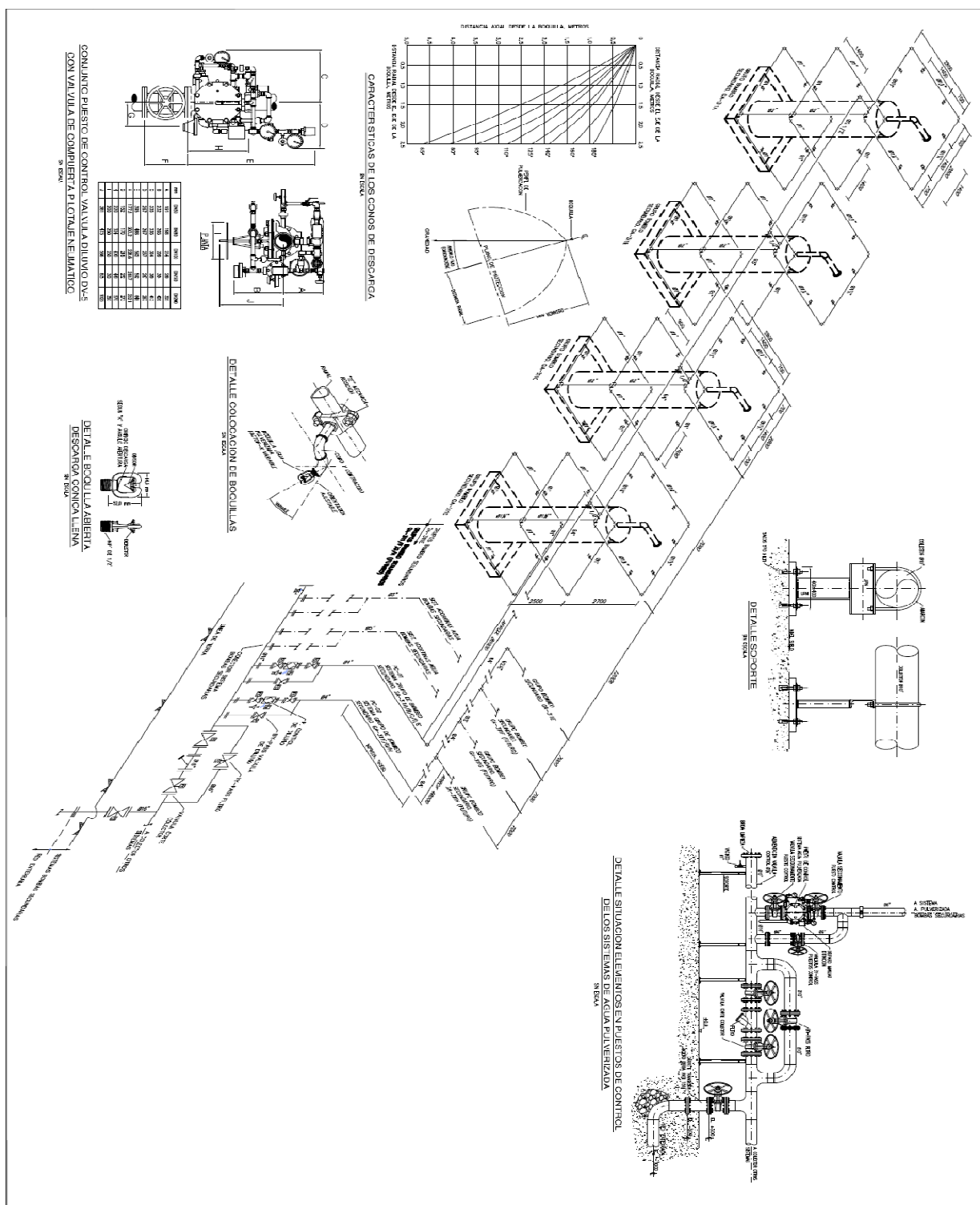
Caudal nominal=173488 lpm

Presión nominal= 24,63 bar

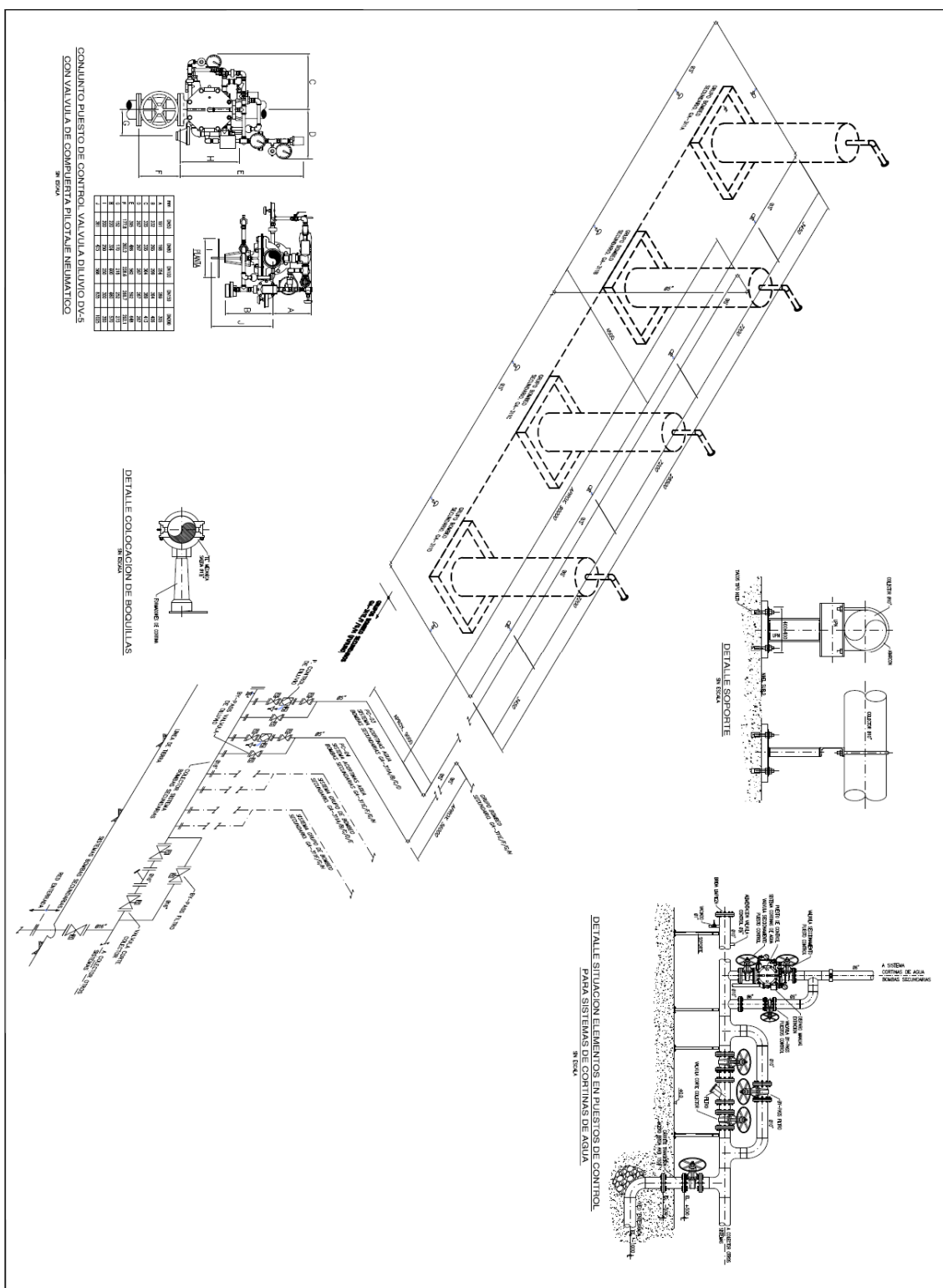
9. PLANOS

9.1 BOMBAS SECUNDARIAS

9.1.1 AGUA PULVERIZADA

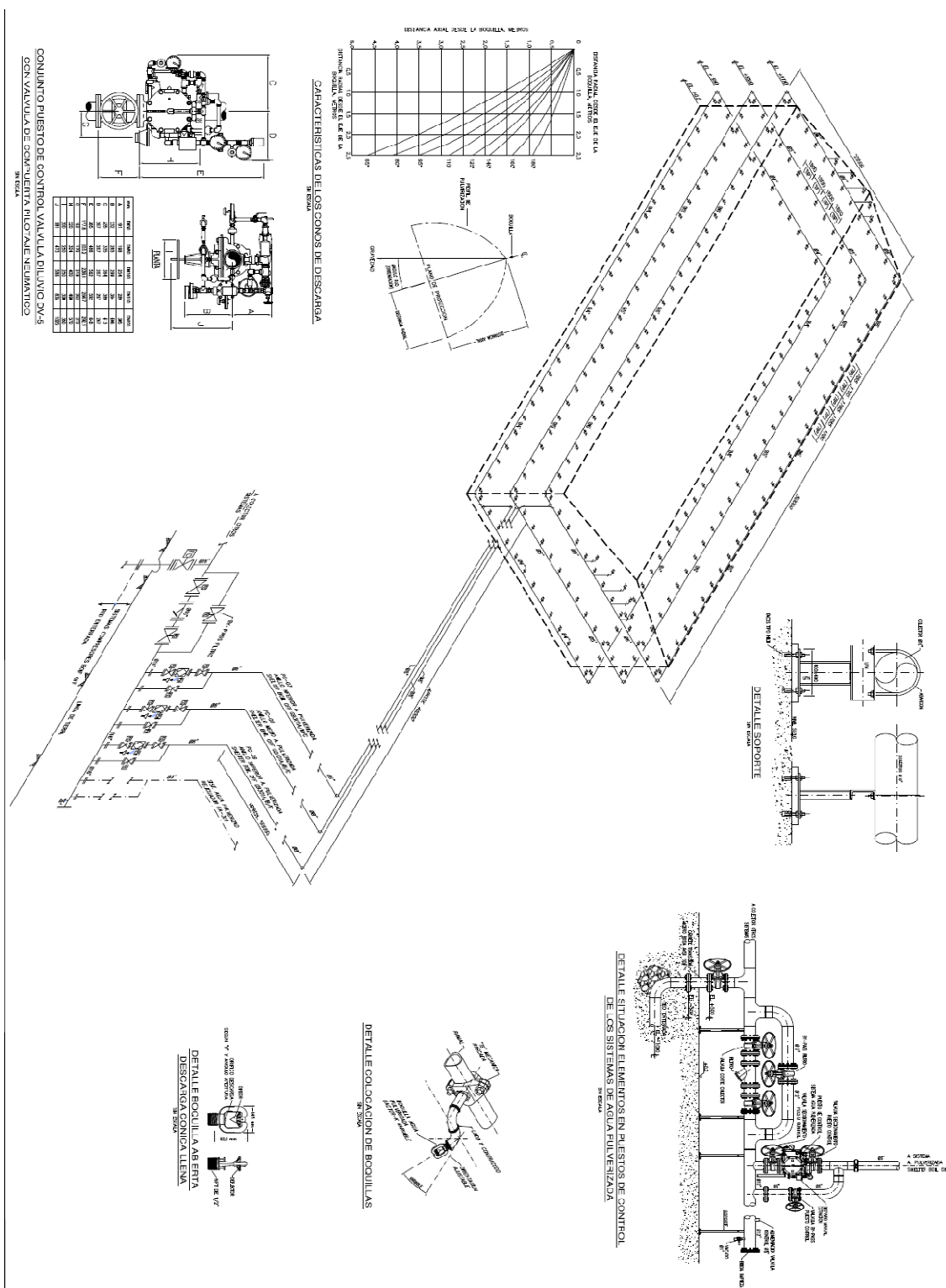


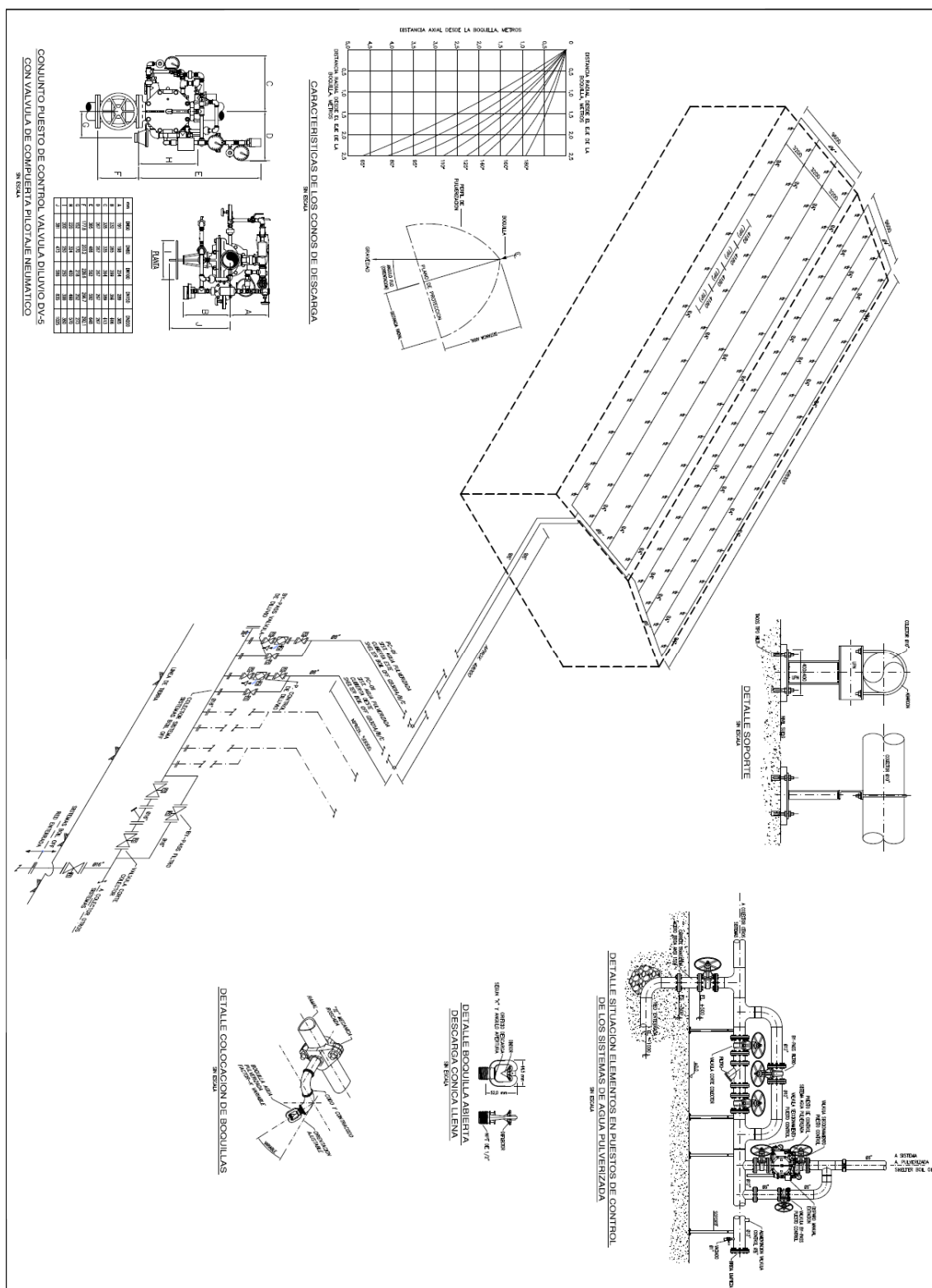
9.1.2 HYDRO-SHIELDS



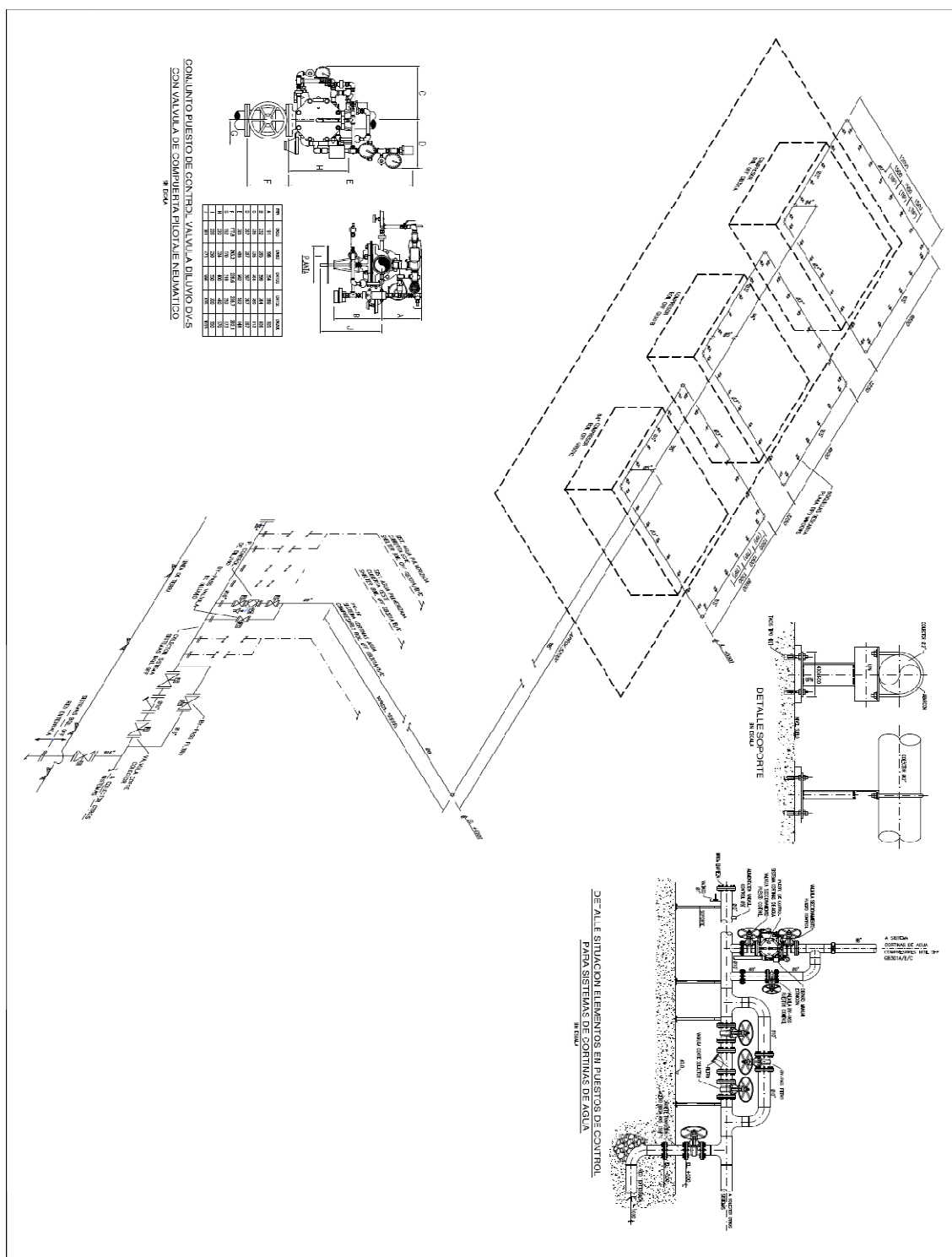
9.2 COMPRESOR

9.2.1 AGUA PULVERIZADA



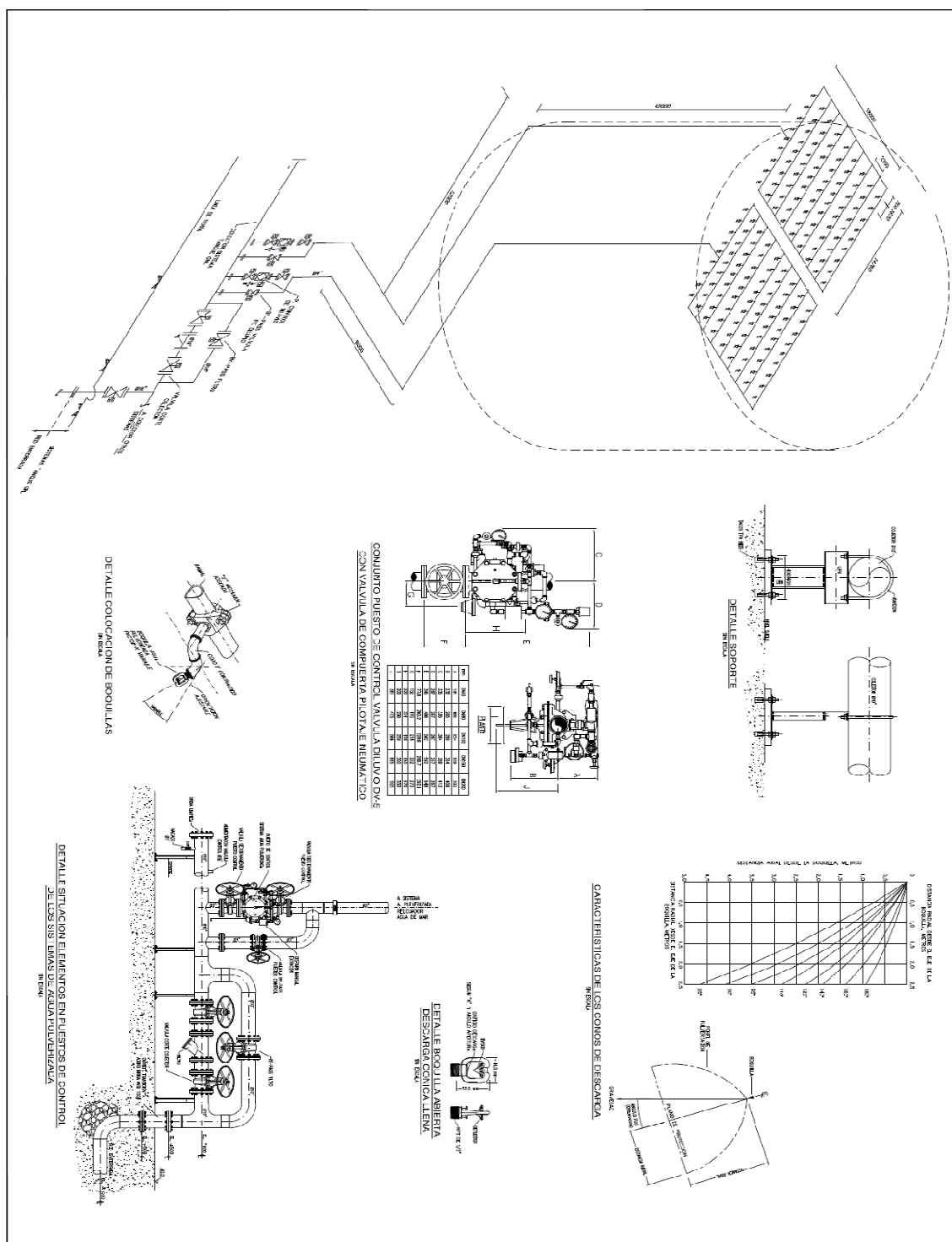


9.2.2 CORTINAS DE AGUA

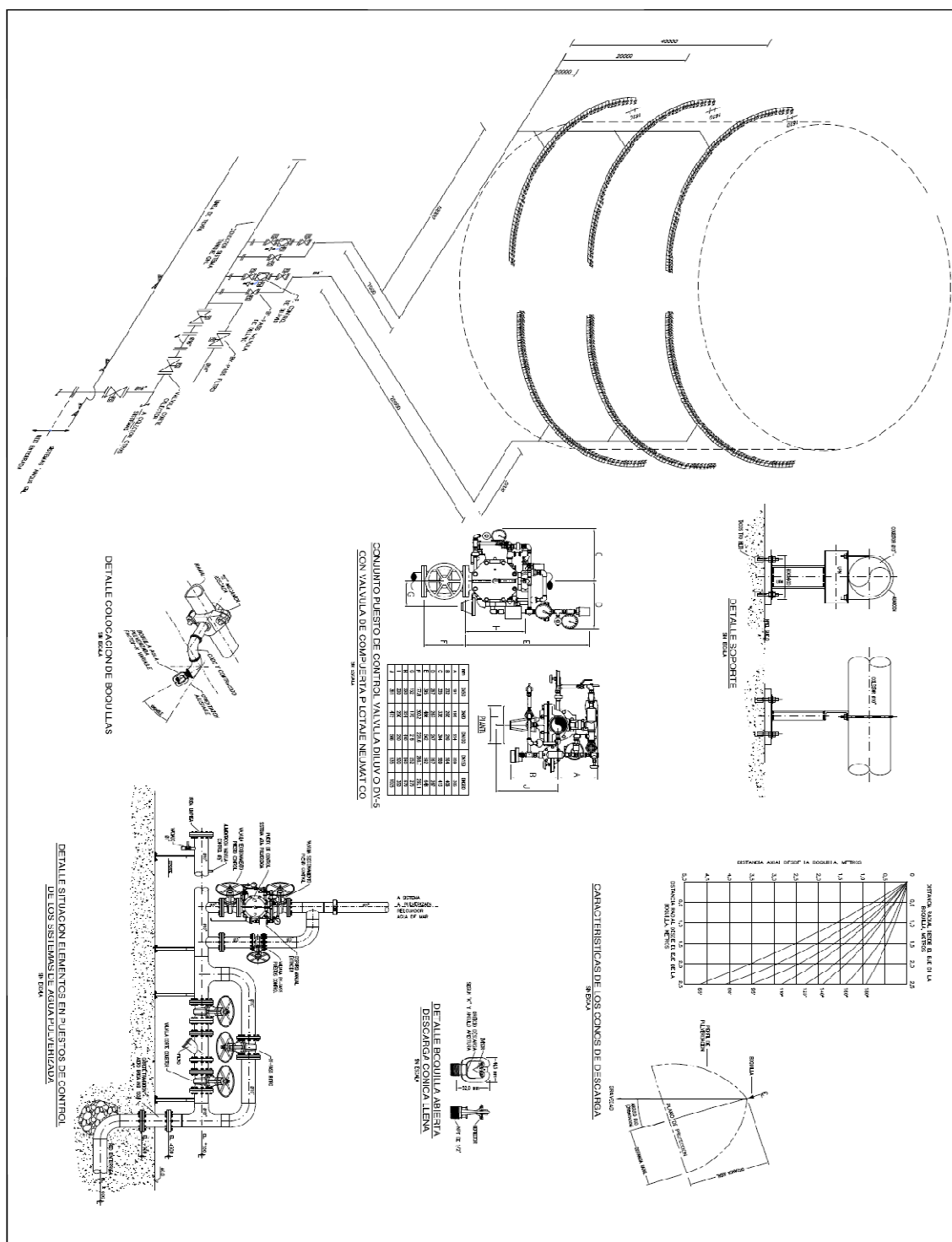


9.3 TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE GNL

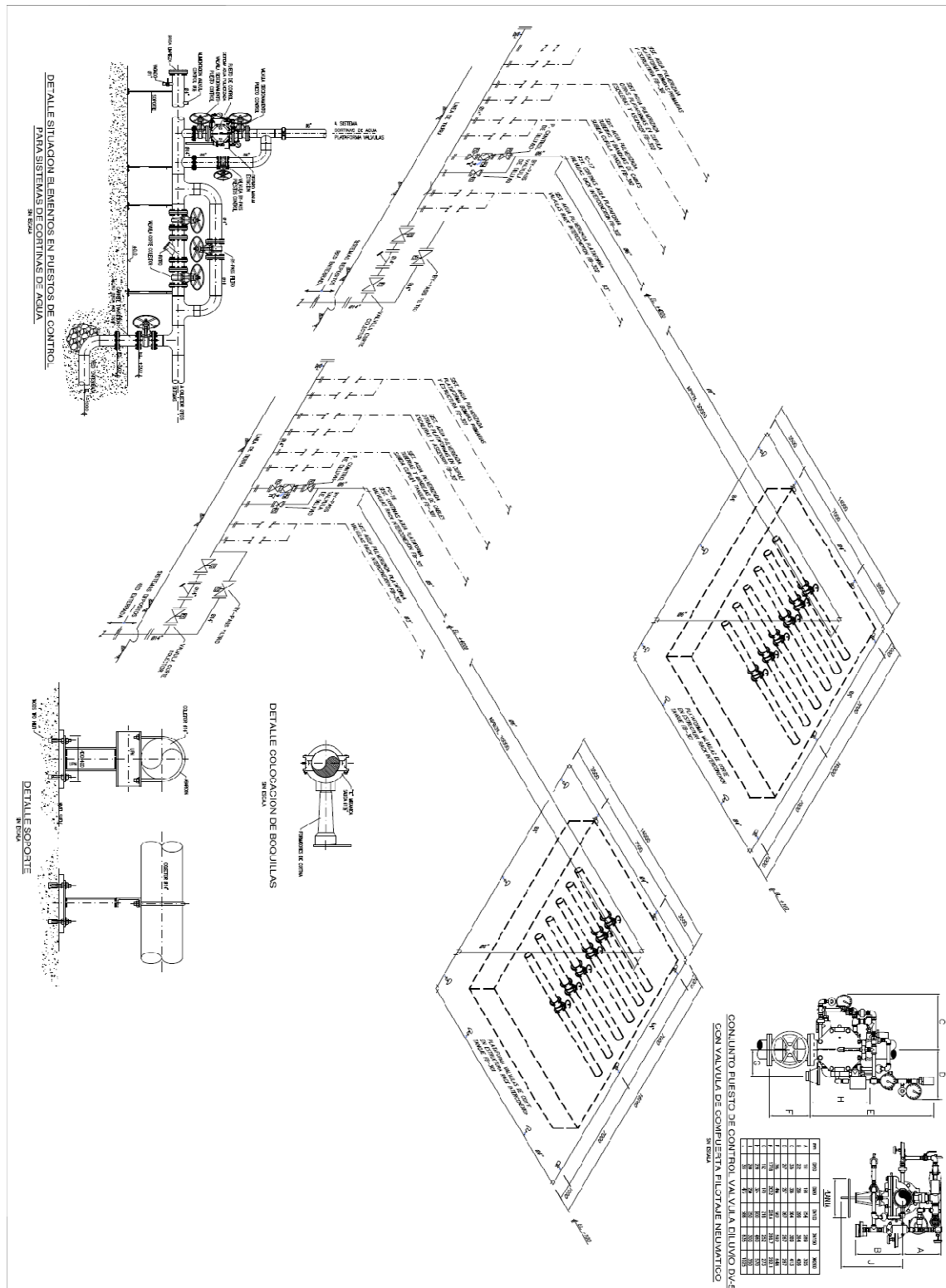
9.3.1 AGUA PULVERIZADA (BOMBAS PRIMARIAS)



9.3.3 AGUA PULVERIZADA (ENVOLVENTE)

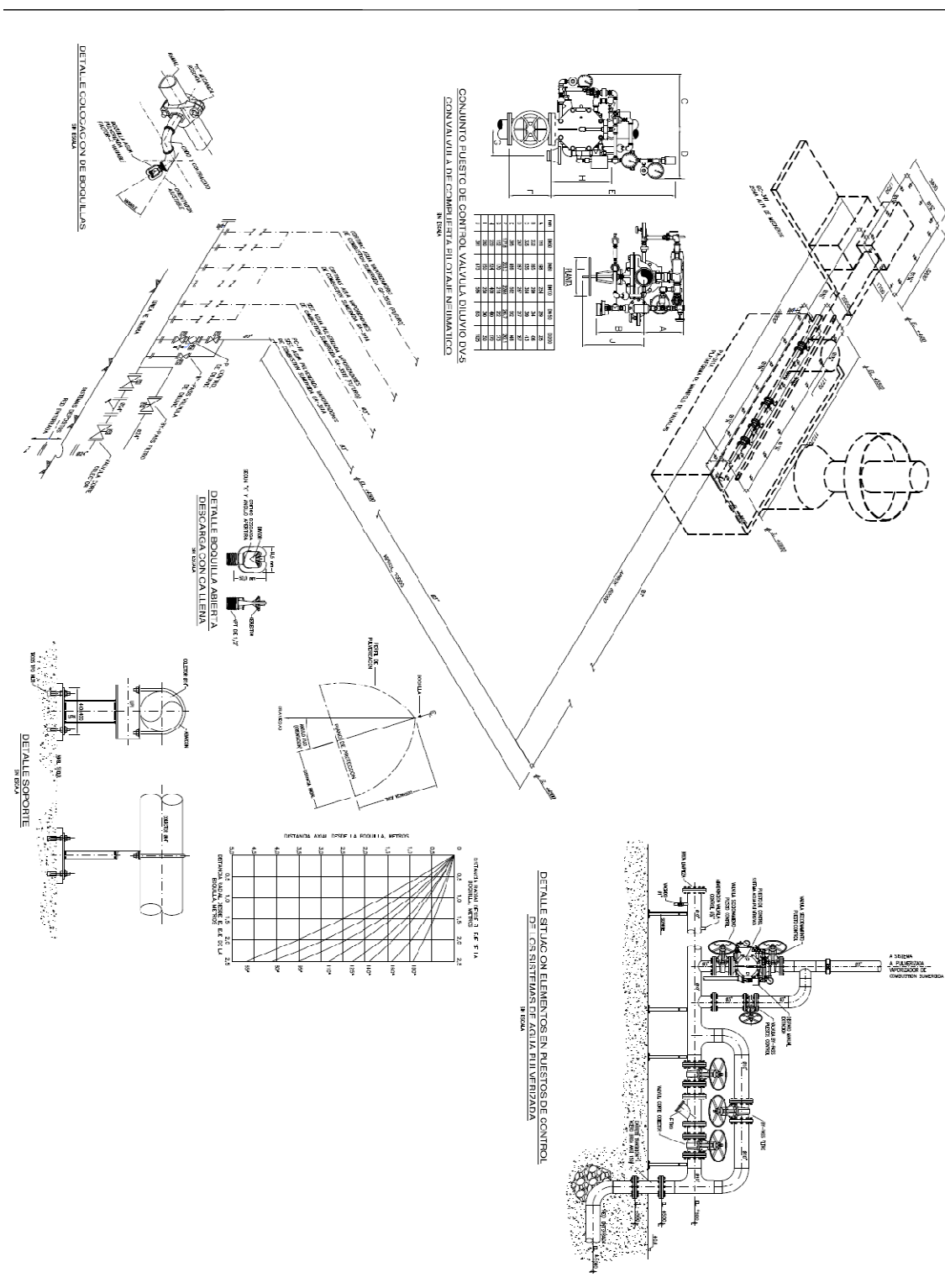


9.3.5 HYDRO-SHIELDS

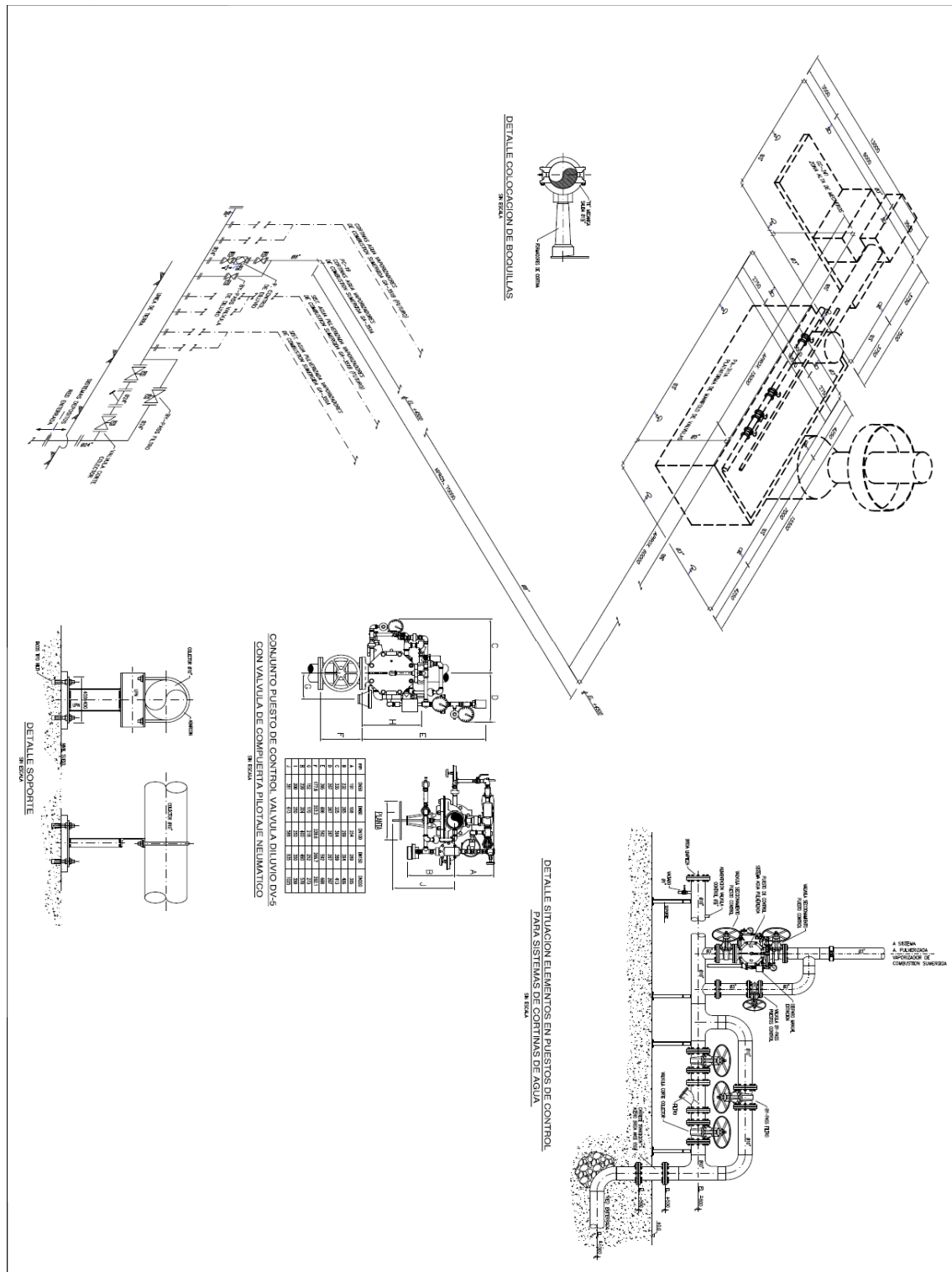


9.4 VAPORIZADOR COMBUSTIÓN SUMERGIDA

9.4.1 AGUA PULVERIZADA

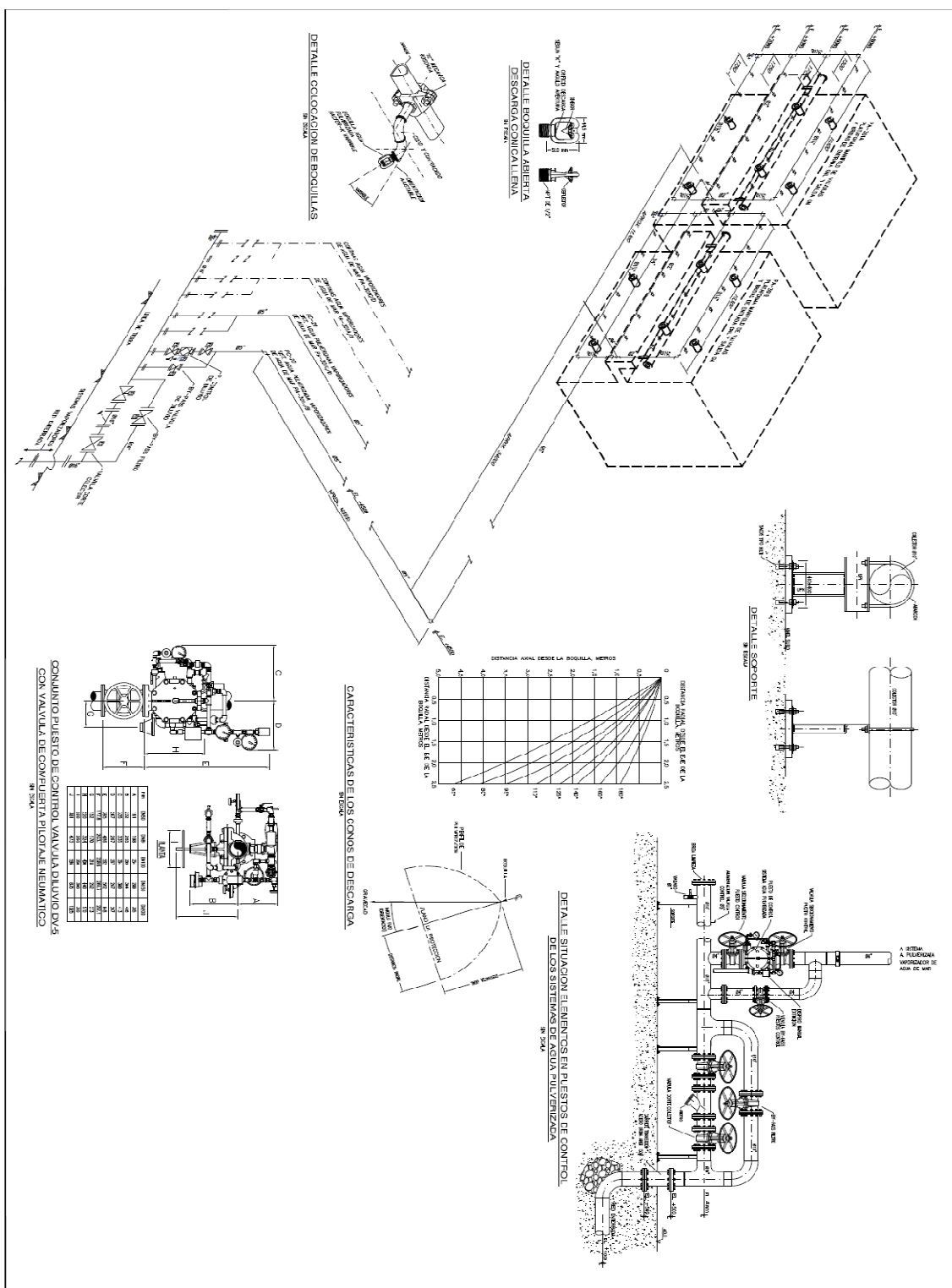


9.4.2 HYDRO-SHIELDS

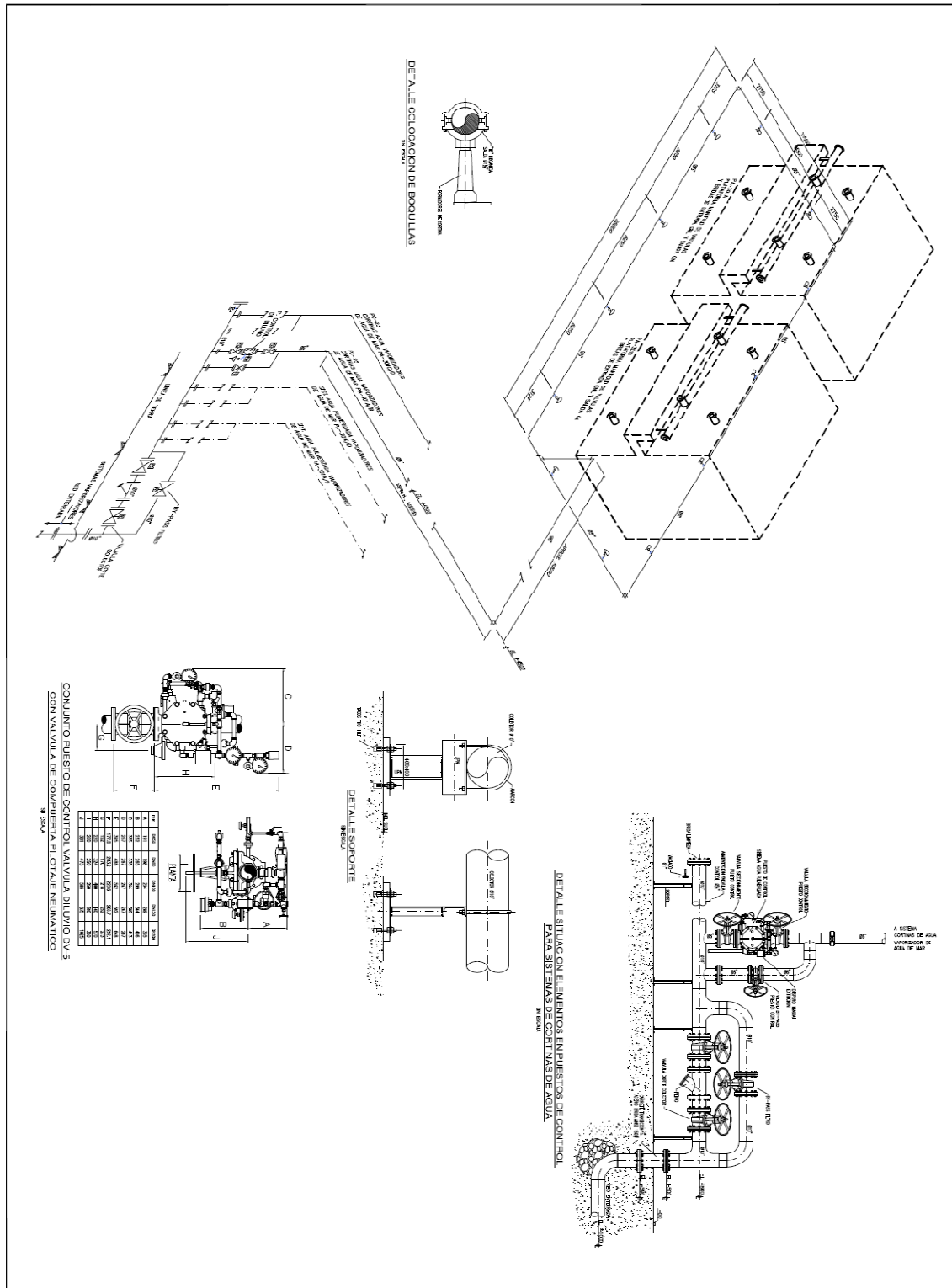


9.5 VAPORIZADOR AGUA DE MAR

9.5.1 AGUA PULVERIZADA



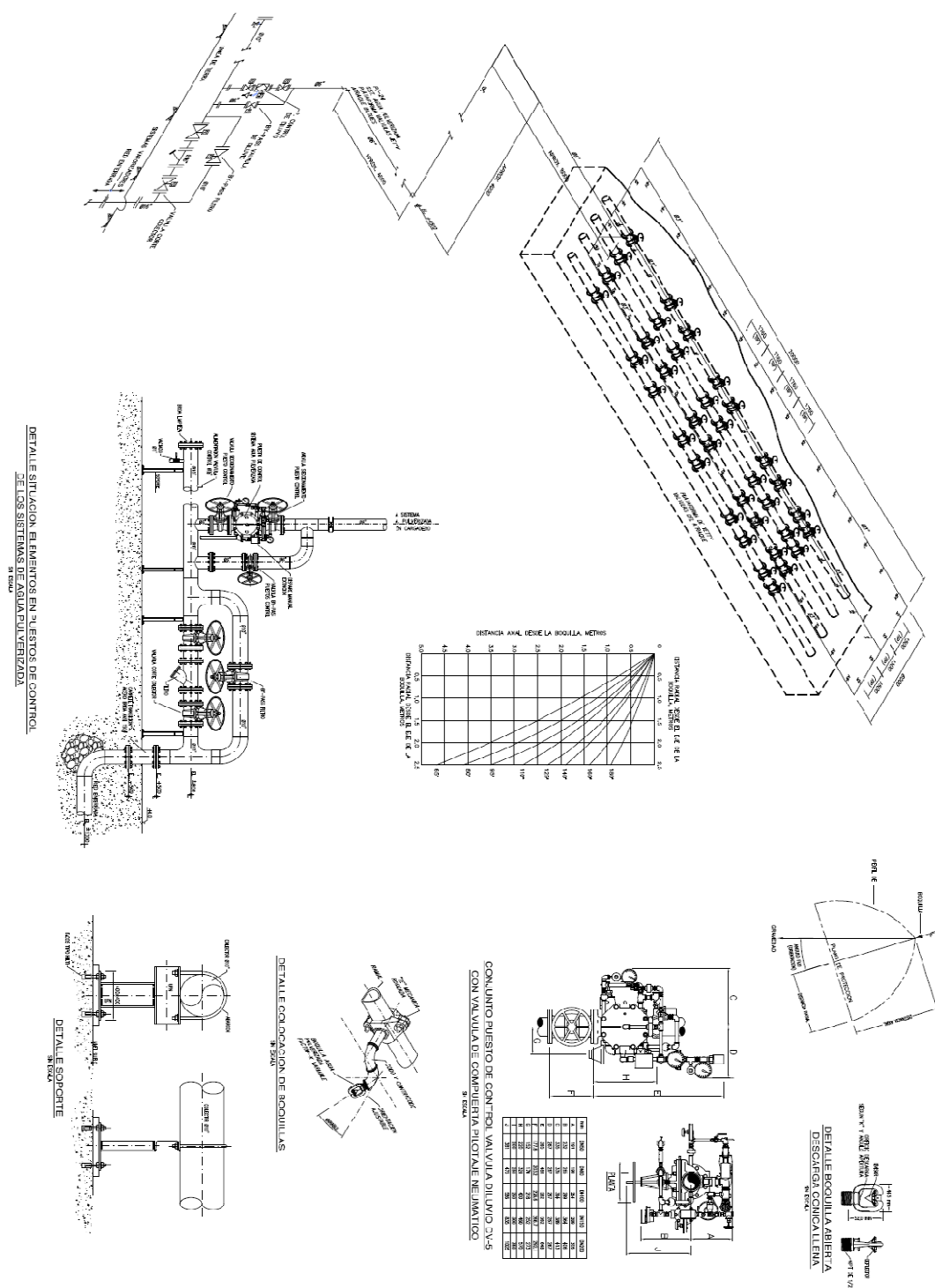
9.5.2 HYDRO-SHIELDS



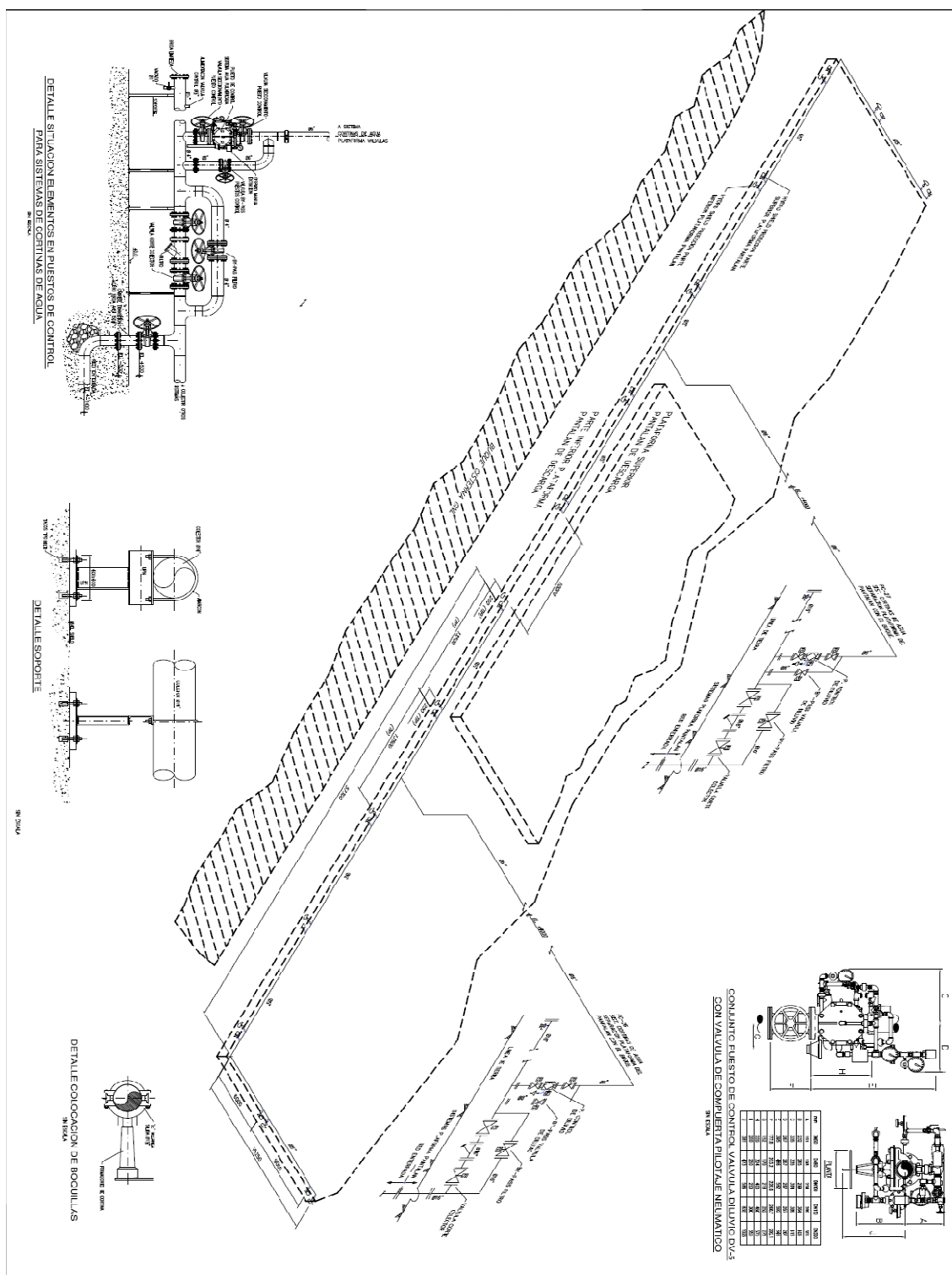
9.6 PLATAFORMA DE VÁLVULAS DE ATRAQUE

9.6.1 PLATAFORMA DEL JETTY

9.6.2 AGUA PULVERIZADA

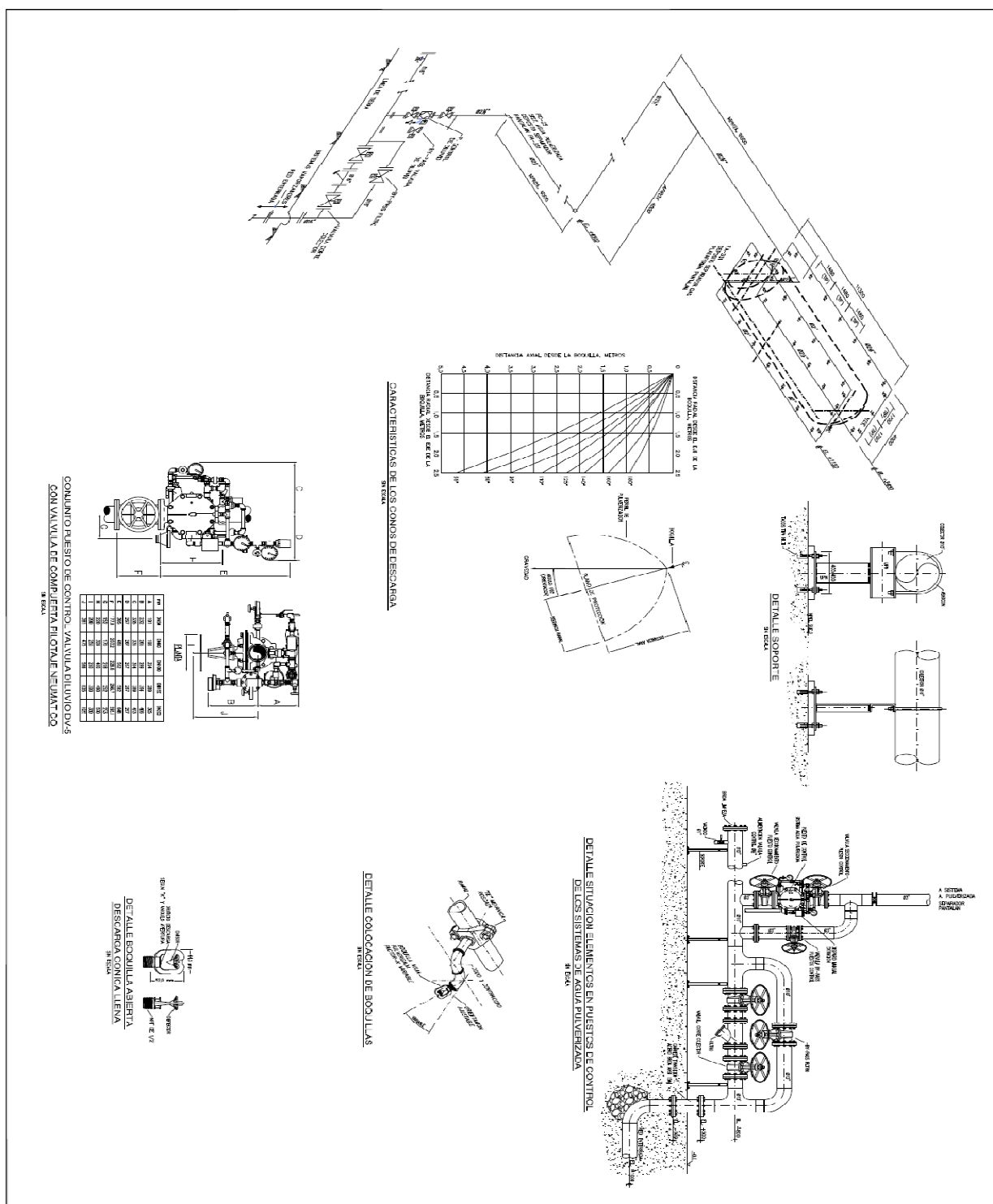


9.6.3 HYDRO-SHIELDS



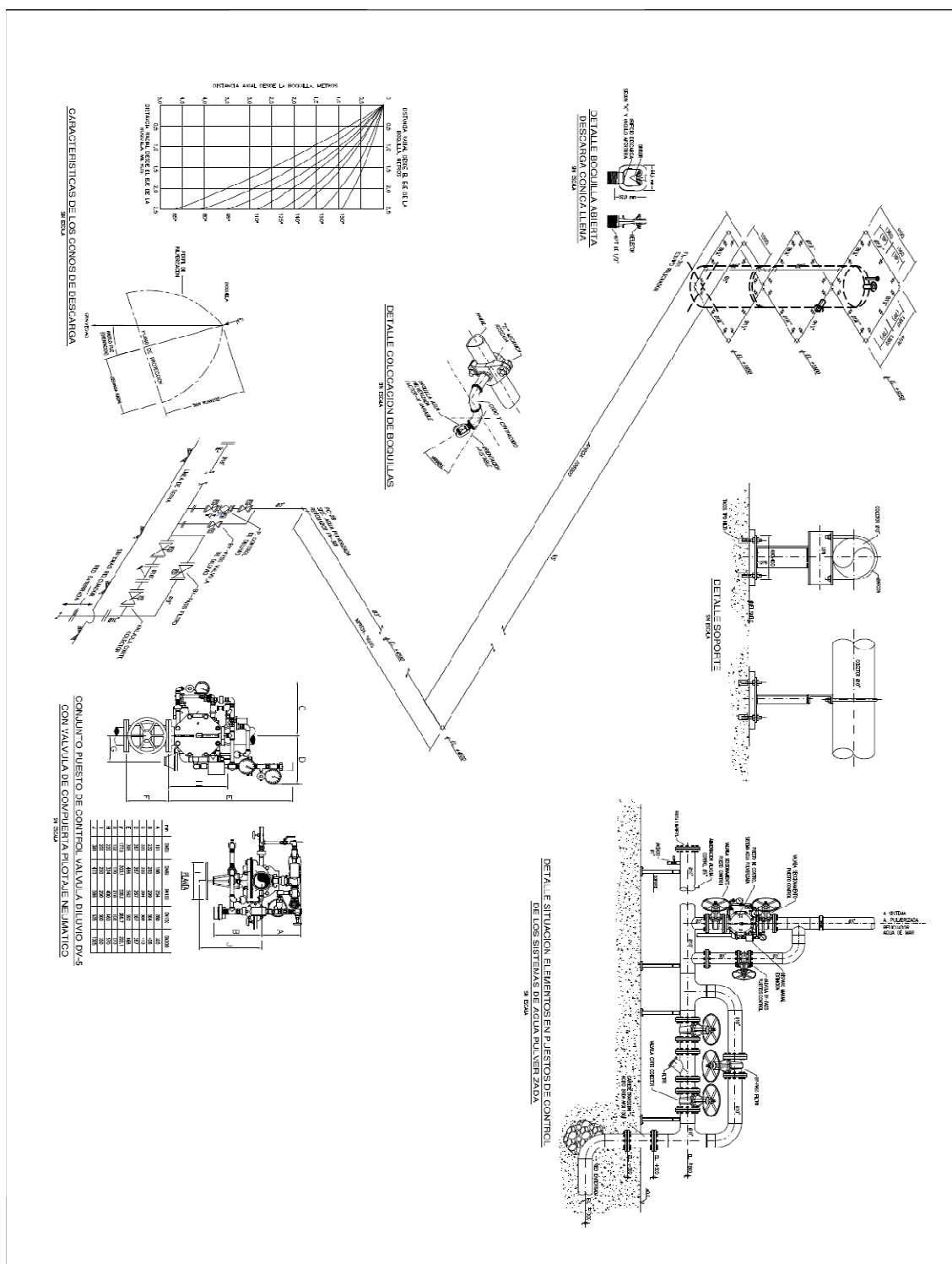
9.6.4 DEPÓSITO SEPARADOR DEL PANTALÁN

9.6.5 AGUA PULVERIZADA



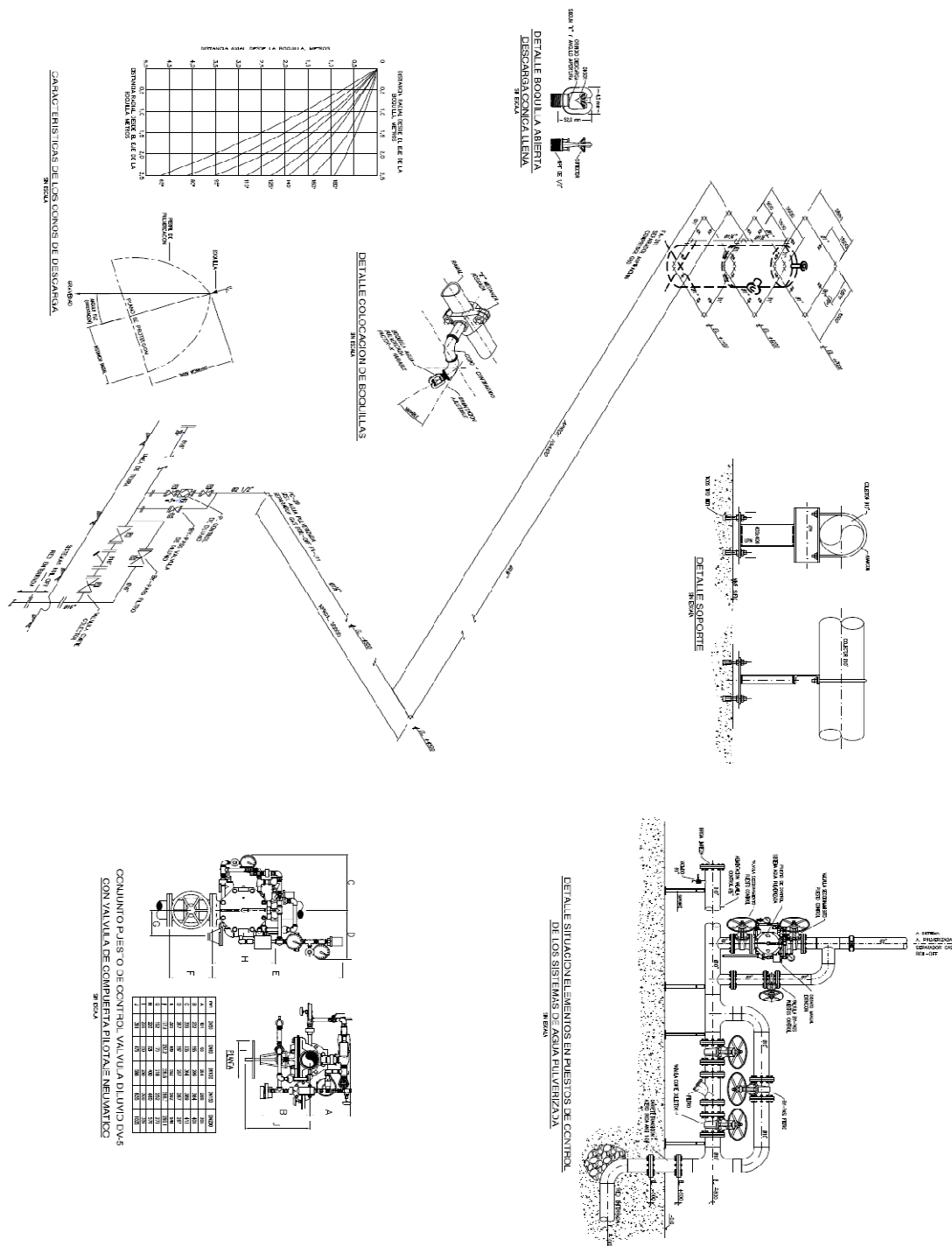
9.7 RELICUADOR

9.7.1 AGUA PULVERIZADA



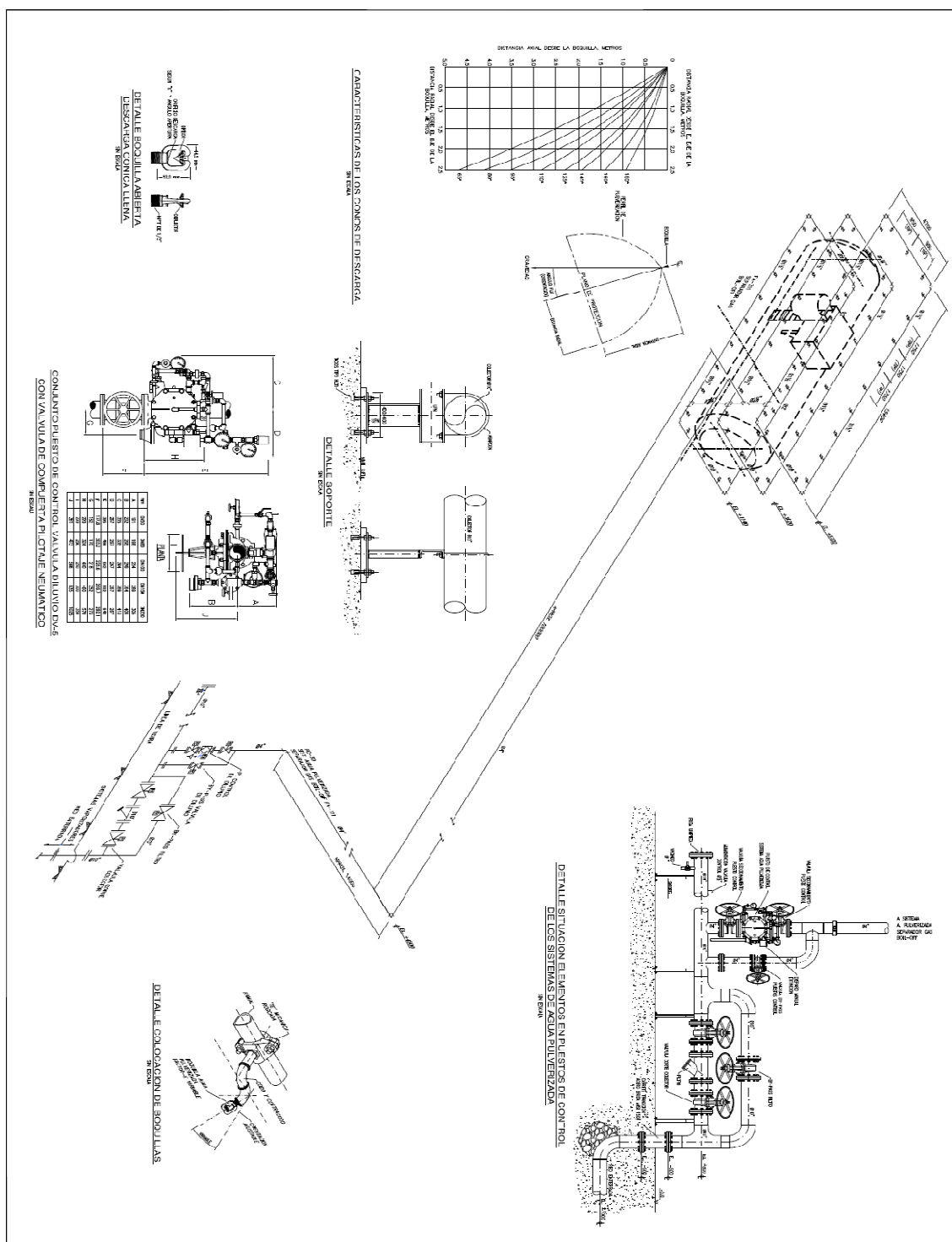
9.8 SEPARACIÓN ASPIRACIÓN DEL COMPRESOR

9.8.1 AGUA PULVERIZADA



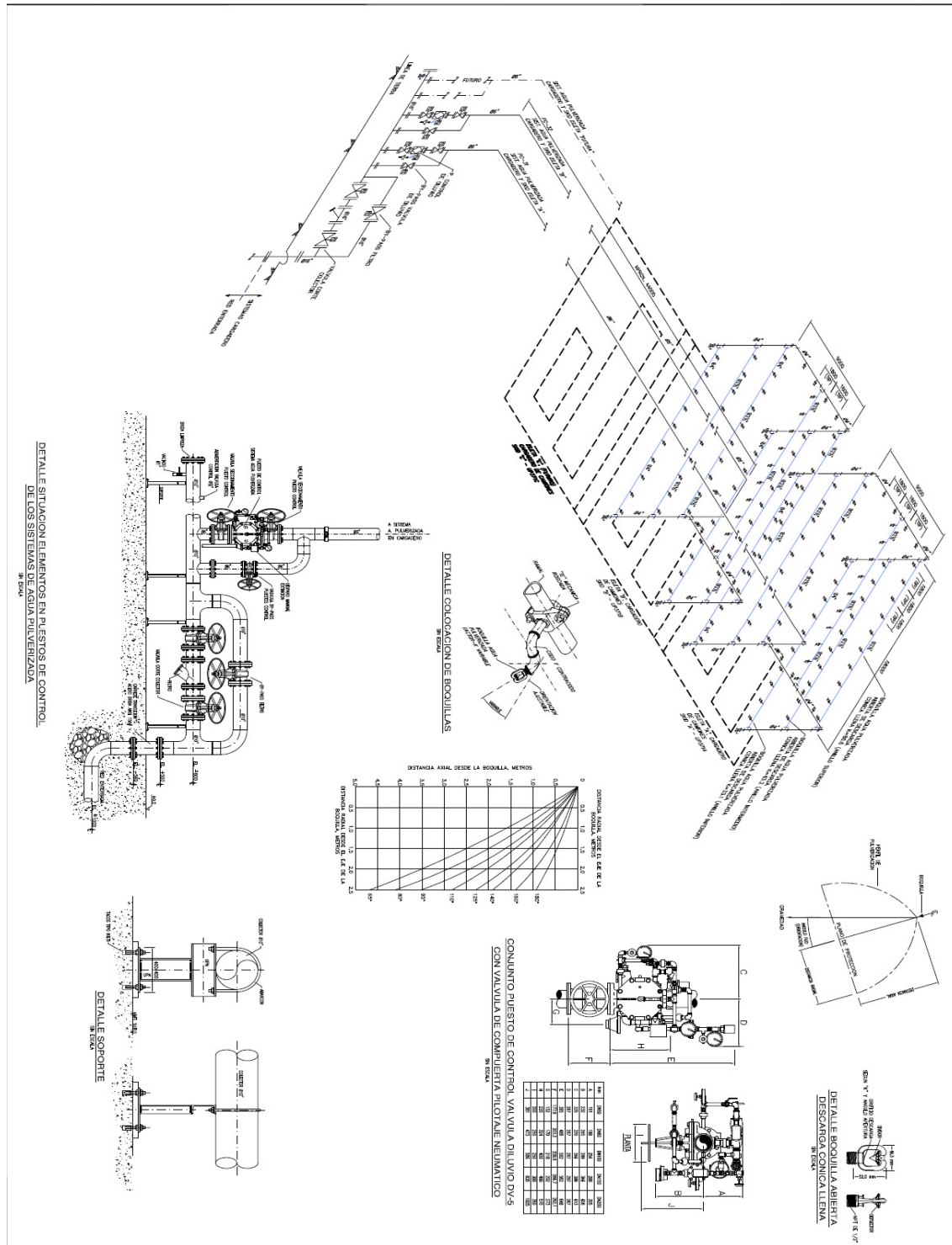
9.9 KO DRUM DE ANTORCHA

9.9.1 AGUA PULVERIZADA

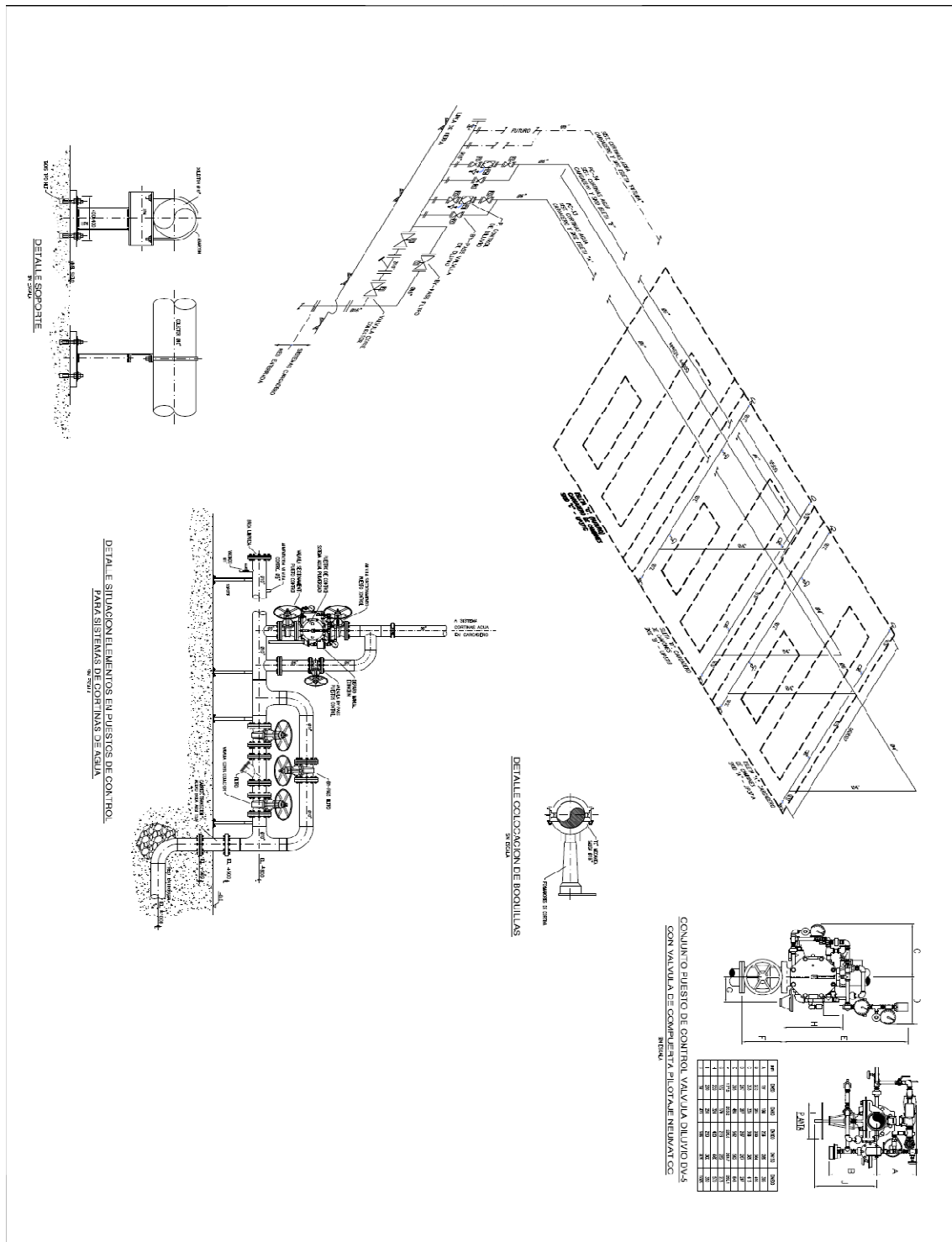


9.10 CARGADERO DE CAMIONES CISTERNA

9.10.1 AGUA PULVERIZADA

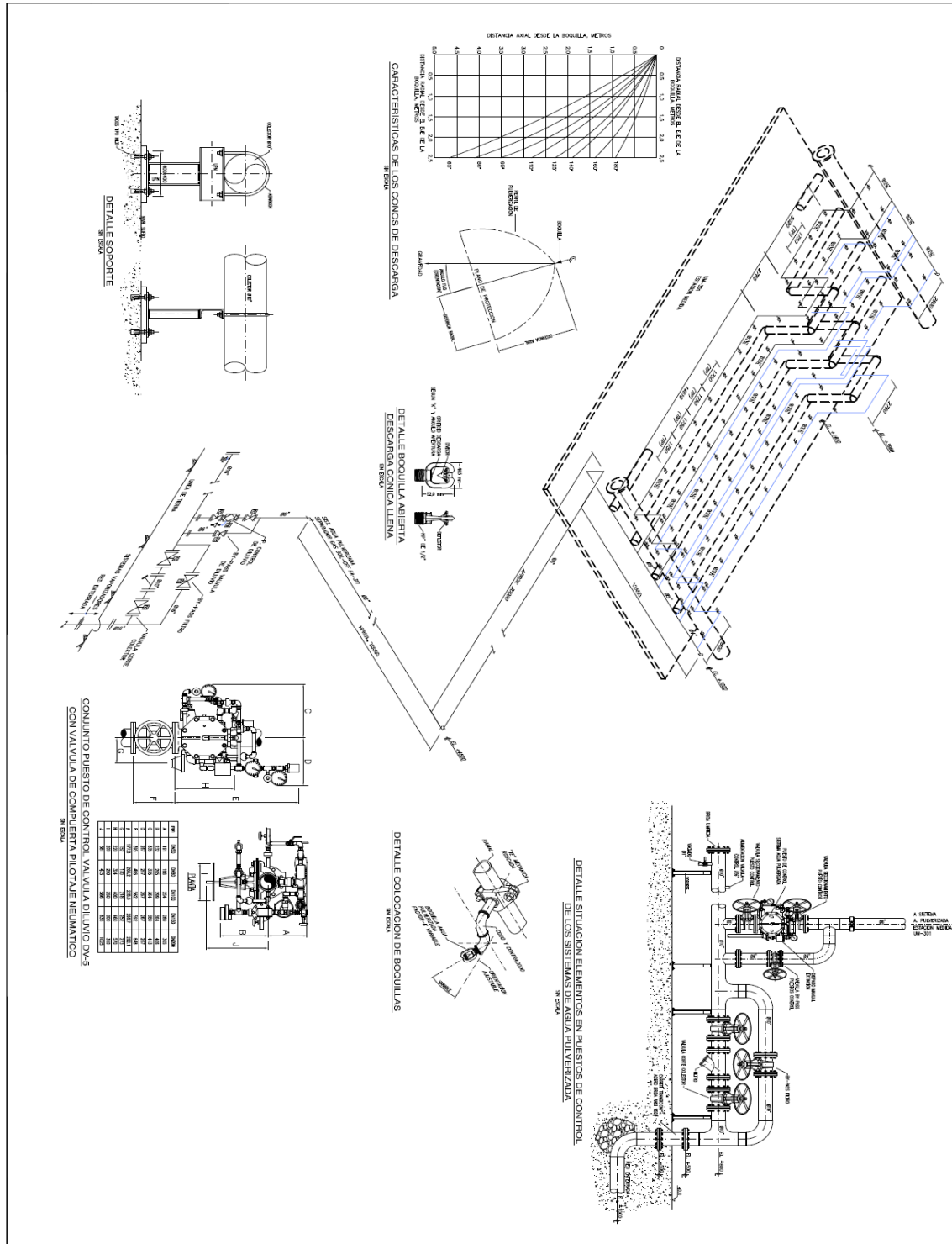


9.10.2 HYDRO-SHIELDS



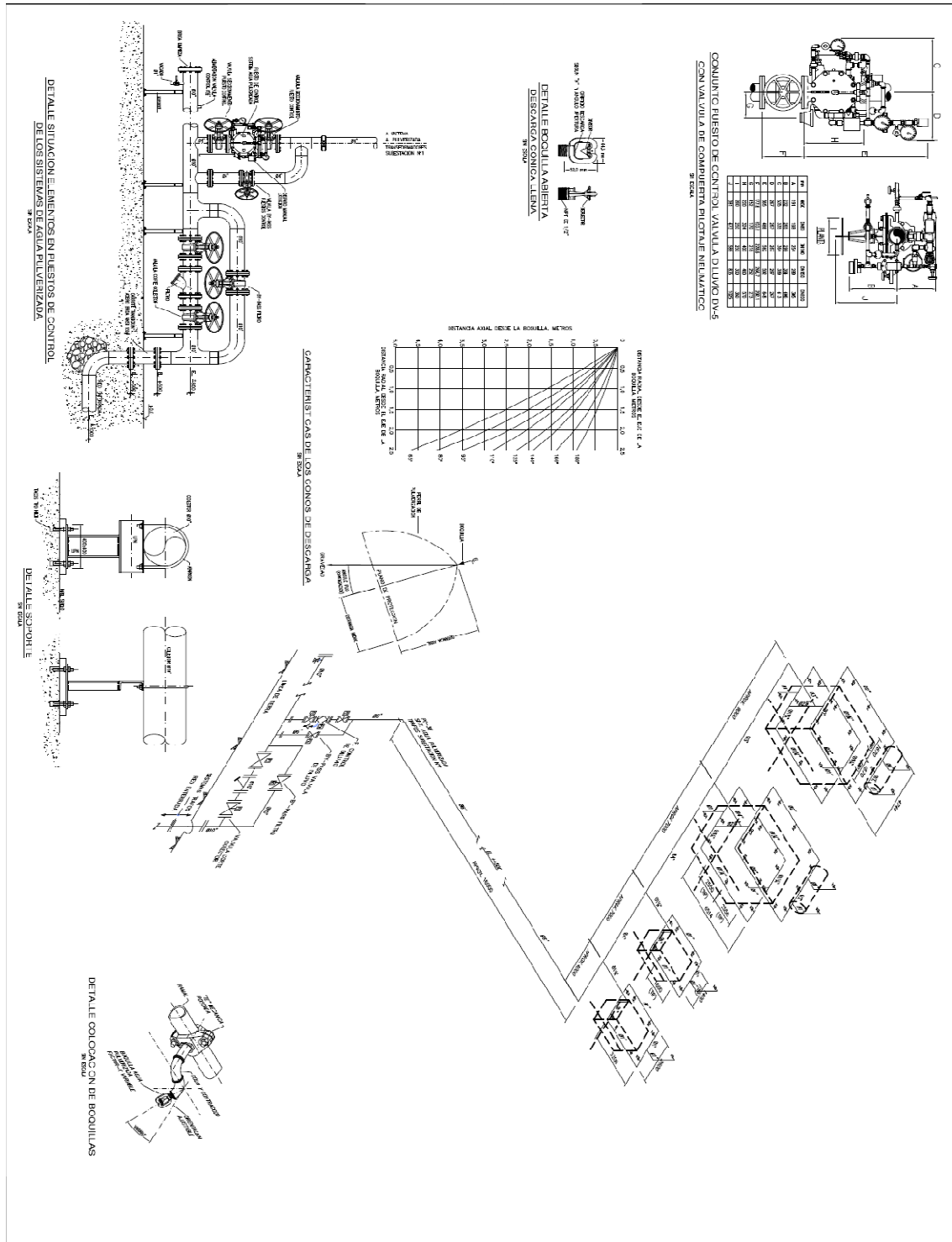
9.11 *ESTACIÓN DE MEDIDA*

9.11.1 AGUA PULVERIZADA



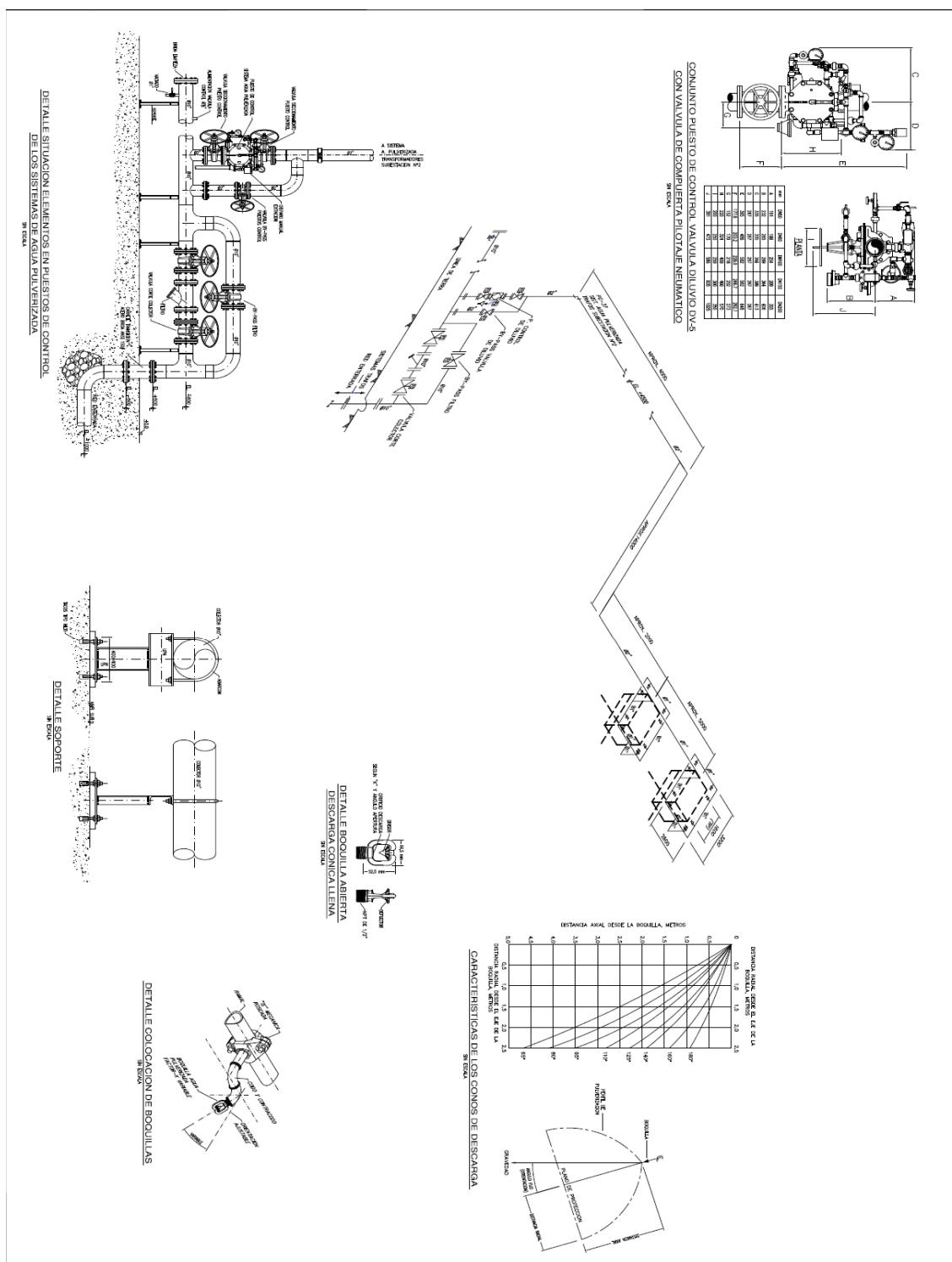
9.12 TRANSFORMADORES SUBESTACIÓN 1

9.12.1 AGUA PULVERIZADA



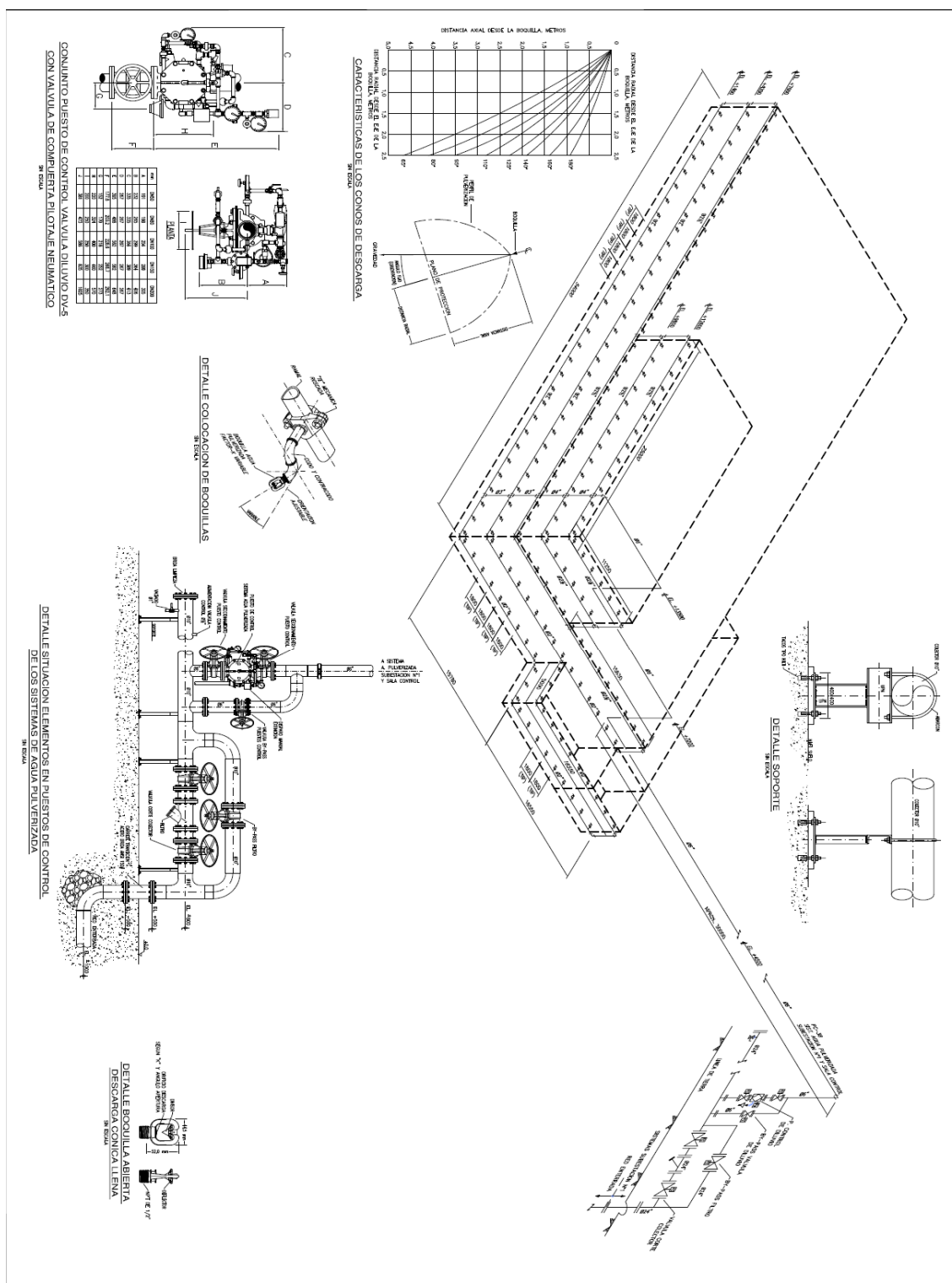
9.13 TRANSFORMADORES SUBESTACIÓN 2

9.13.1 AGUA PULVERIZADA



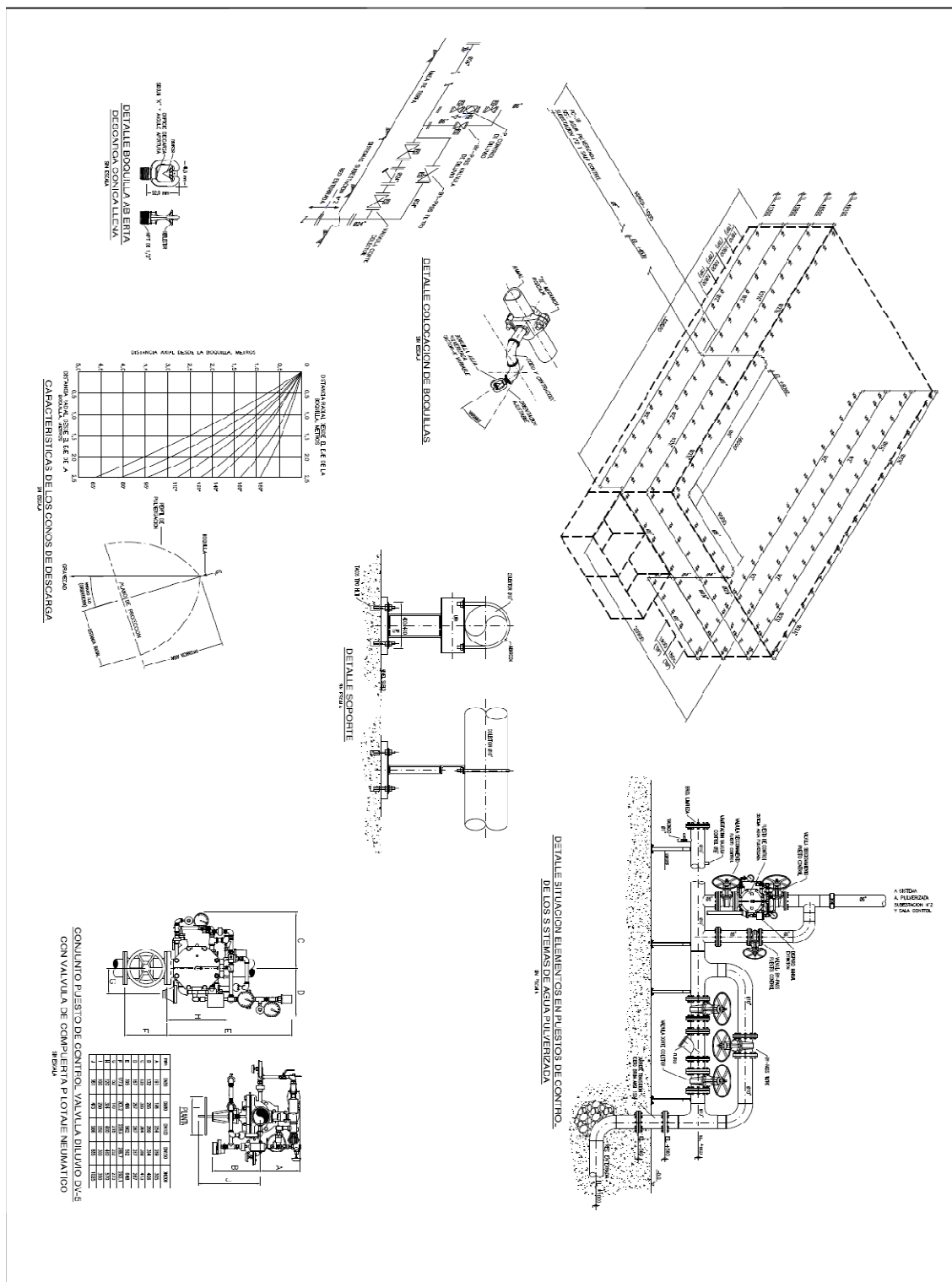
9.14 SUBESTACIÓN 1 Y SALA DE CONTROL

9.14.1 AGUA PULVERIZADA



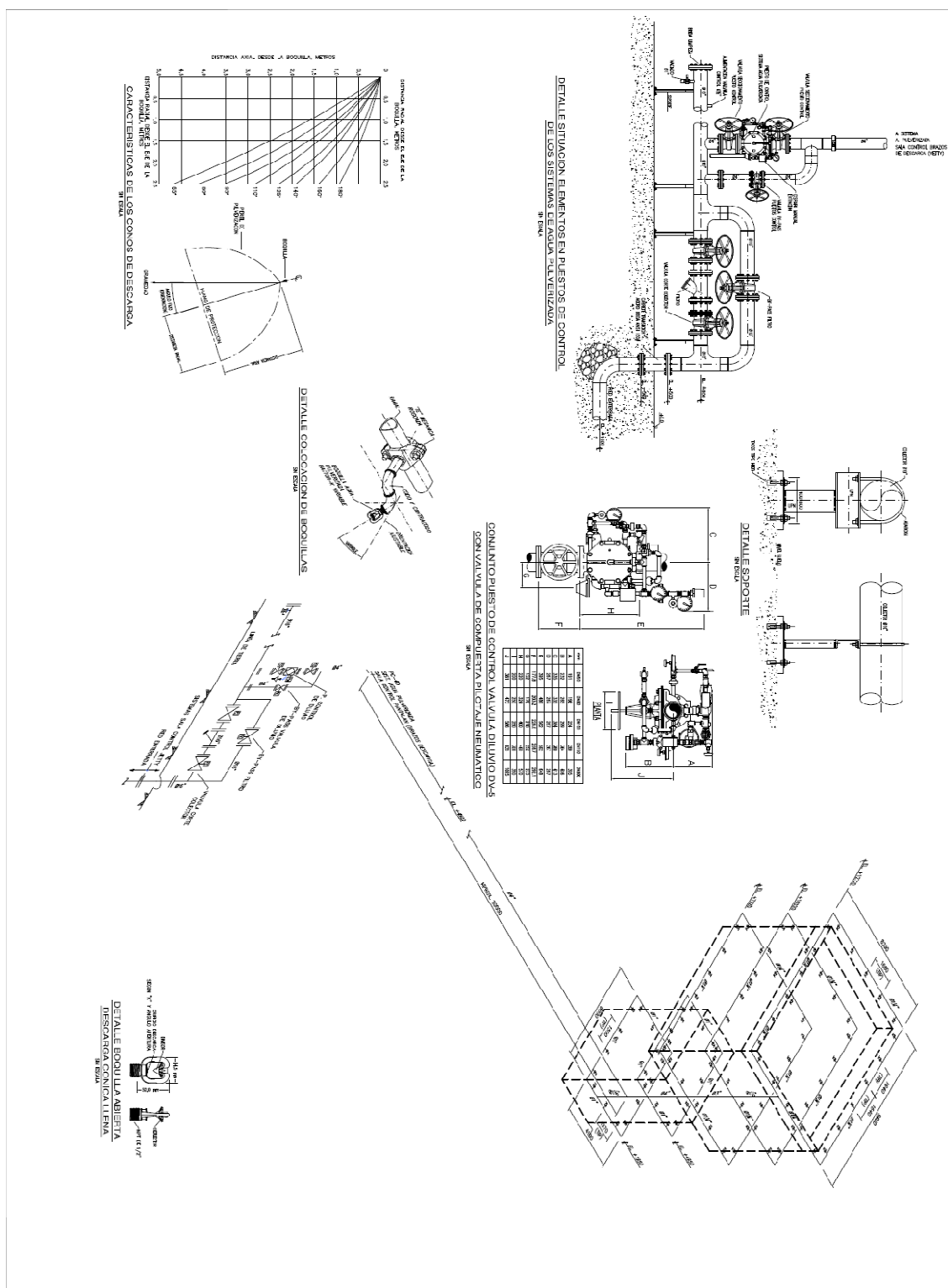
9.15 SUBESTACIÓN 2 Y SALA DE CONTROL

9.15.1 AGUA PULVERIZADA



9.16 SALA DE CONTROL BRAZOS DE DESCARGA

9.16.1 AGUA PULVERIZADA



10. CONCLUSIONES Y FUTUROS DESARROLLOS

10.1 CONCLUSIONES

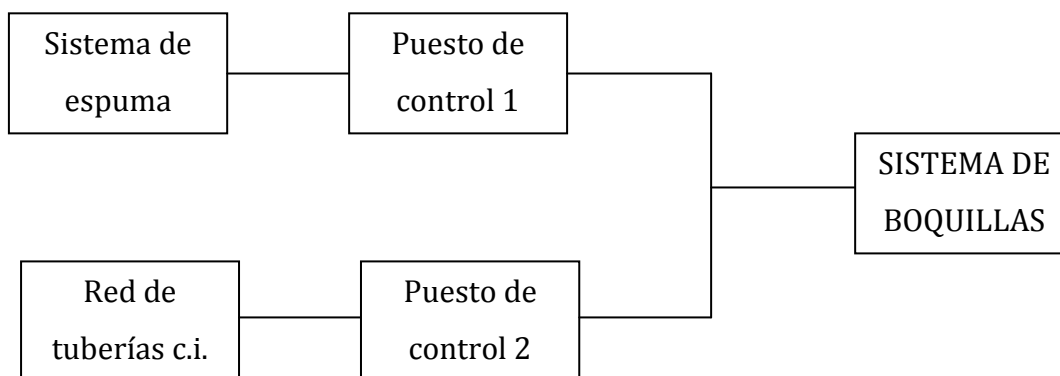
La Protección Contra Incendios aparte de ser una exigencia por la Normativa existente es una necesidad y una garantía para el funcionamiento de una Planta Industrial durante mucho tiempo sin miedo a posibles siniestros que pudieran llegar a pararla por (durante) grandes periodos de tiempo. Por ello es fundamental el buen diseño de los sistemas automáticos de extinción c.i. , la elección de las bombas, la correcta instalación/montaje de los equipos de acuerdo a la normativa y el mantenimiento preventivo de los mismos.

Se ha determinado la mejor estrategia de protección en cada uno de los equipos involucrados en una Planta de Regasificación de GNL.

Los resultados indican que es más rentable (en este caso) el uso de tanques de contención total que tanques de contención simple, ya que reduce la necesidad mínima de agua en un 80%.

10.2 FUTUROS DESARROLLOS

- En el caso de una Planta de Regasificación de GNL se podría crear un sistema que satisfaga las necesidades de protección tanto de espuma como de agua pulverizada en función de la alarma, en vez de tener dos sistemas independientes, es decir:



De tal forma que si se produce una fuga de GNL el detector de frío manda una señal al puesto de control 1 para que permita el paso de la espuma (previa mezcla del agua, espumógeno y aire). Así la espuma se difunde sobre la superficie creando una manta que sella los vapores impidiendo su contacto con el aire; resiste el ataque del viento, el calor y las llamas permitiendo un sellado continuo.

Si por el contrario se produjera un fuego (incendio), el detector de llamas mandaría una señal al puesto de control 2 para que permita el paso del agua proveniente de la red contra incendios, para que de esta forma se pueda eliminar el fuego (incendio) y refrigerar zonas y equipos colindantes para evitar la propagación.

- Conseguir la mayor rapidez posible en la respuesta, activación, de los sistemas automáticos de extinción. Esto se logra consiguiendo una detección lo más temprana posible, precoz, de forma que se active y transmita la alarma nada más detectar la mínima aparición del fenómeno a detectar, fuga, aumento de temperatura, llama De esta forma se reducirían los daños de una forma muy apreciable.

11.BIBLIOGRAFÍA

Por orden de aparición en el texto:

[1] Enagás. Disponible en Internet :

<http://www.enagas.es/cs/Satellite?blobcol=urldata&blobheader=application%2Fpdf&blobkey=id&blobtable=MungoBlobs&blobwhere=1146251514018&ssbinary=true> [Última visita 18 de Enero de 2011].

[2] Gascan. Disponible en Internet :

<http://www.gascan.es/web-es/el-gas-natural/proceso-de-regasificacion> [Última visita 18 de Enero de 2011].

[3] Universidad Politécnica de Madrid. Disponible en Internet:

http://www.minas.upm.es/gaviota/Apuntes/pquirola/diseño_const_terminales_regas.pdf
[Última visita 18 de Enero de 2011].

[4] Inerco. Disponible en Internet:

<http://www.csocial.ulpgc.es/Foros/gas/material/6A.pdf> [Última visita 18 de Enero de 2011].

[5] Enagás. Disponible en Internet:

http://divad.dyndns.org/forgax/ast-gas/memoria_regasificadora_musel.pdf [Última visita 18 de Enero de 2011].

[6] Norma NFPA 59A puntos 5.4.1 y 5.4.2. Standard for the Production, Storage, and Handling of Liquefied Natural Gas (LNG).

[7] CEE. Center for energy economics. Energy Economics Research.

[8] Gascan. Disponible en Internet:

<http://www.gascan.es/web-es/el-gas-natural> [Última visita 18 de Enero de 2011].

[9] Incendios y Seguridad. Disponible en Internet:

<http://www.incendiosyseguridad.com/seccion-1.0.0/SCI-1.1.2.4.html> [Última visita 18 de Enero de 2011].

[10] Universidad Pontífica de Comillas. Curso sobre sistemas de agua pulverizada.

[11] Norma NFPA 15: Standard for Water Dspray Fixed Systems for Fire Protection.

[12] Norma UNE 23502-86: Sistemas fijos de agua pulverizada. Componentes del sistema.

[13] Adolfo Sahuquillo Vírseda. Rociadores automáticos de agua.

[14] UNE EN 13565-1. Sistemas fijos de lucha contra incendios. Sistemas espumantes. Parte 1: Requisitos y métodos de ensayo de los componentes.

[15] Norma NFPA 11: Standard for Low, Medium and High Expansion Foam.

[16] UNE-EN 545:2007: Tubos, racores y accesorios en fundición dúctil y sus uniones para canalizaciones de agua. Requisitos y métodos de ensayo.

[17] Norma UNE 23506-89: Sistemas fijos de agua pulverizada. Planos, especificaciones y cálculos hidráulicos.

[18] UNE-EN 12845: Sistemas fijos de lucha contra incendios. Sistemas de rociadores automáticos. Diseño, instalación y mantenimiento.

[19] UNE 1473: Instalaciones y equipos para gas natural licuado. Diseño de las instalaciones terrestres.

[20] Boletín oficial del Estado. Disponible en Internet:

http://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2007-1711 [Última visita 20 de Enero de 2011]

[21] Norma UNE 23503-89: Sistemas fijos de agua pulverizada. Diseño e instalaciones.

[22] Norma UNE 23501-88: Sistemas fijos de agua pulverizada. Generalidades.

[23] Norma UNE 23-500-90: Sistema de abastecimiento de agua contra incendios.

[24] RIPCI Edición 1994.

12.ANEXO I

TABLA I

Programa de mantenimiento de los medios materiales de lucha contra incendios.

Operaciones a realizar por el personal del titular de la instalación del equipo o sistema o por personal de una Empresa Mantenedora Autorizada.

| SISTEMA | CADA | |
|---|--|------------|
| | TRES MESES | SEIS MESES |
| Sistemas Automáticos de Detección y Alarma de Incendios | <p>Comprobación del funcionamiento de las instalaciones (con cada fuente de suministro).</p> <p>Sustitución de pilotos, fusibles, defectuosos.</p> <p>Mnto. de acumuladores (limpieza de bornas, reposición de agua destilada....)</p> | |
| Sistema Manual de Alarma de Incendios | <p>Comprobación del funcionamiento de la instalación (con cada fuente de suministro).</p> <p>Mto. de acumuladores (limpieza de bornas, reposición de agua destilada...)</p> | |
| Extintores de Incendio | <p>Comprobación de la accesibilidad, señalización, buen estado de conservación.</p> <p>Inspección ocular de seguros, precintos, inscripciones..</p> <p>Comprobación del peso y presión en su caso.</p> <p>Inspección ocular del estado</p> | |

| | | |
|-------------------------------------|---|---|
| | externo de las partes mecánicas (boquilla, válvula, manguera...) | |
| Bocas de Incendio Equipadas (BIE) | <p>Comprobación de la buena accesibilidad y señalización de los equipos.</p> <p>Comprobación por inspección de todos los componentes, procediendo a desarrollar la manguera en toda su extensión y accionamiento de la boquilla si es de varias posiciones.</p> <p>Comprobación por lectura del manómetro, de la presión de servicio.</p> <p>Limpieza del conjunto y engrase de cierres y bisagras en puerta del armario.</p> | |
| Hidrantes | <p>Comprobar la accesibilidad a su entorno y la señalización de los hidrantes enterrados.</p> <p>Inspección visual comprobando estanqueidad.</p> <p>Quitar tapas de las salidas, engrasar las roscas y comprobar el estado de las juntas de los racores.</p> | <p>Engrasar la tuerca de accionamiento o rellenar la cámara de aceite del mismo.</p> <p>Abrir y cerrar el hidrante, comprobando que funciona correctamente la válvula principal y el sistema de drenaje</p> |

TABLA I (Cont.)

| SISTEMA | CADA | |
|---|--|--|
| | TRES MESES | SEIS MESES |
| Columnas secas | | <p>Comprobar la accesibilidad de la entrada de la calle y tomas de piso.</p> <p>Comprobar la señalización.</p> <p>Comprobación de las tapas y correcto funcionamiento de sus cierres (engrase si es necesario).</p> <p>Comprobar que las llaves de las conexiones siamesas están cerradas.</p> <p>Comprobar que las llaves de seccionamiento están abiertas.</p> <p>Comprobar que todas las tapas de racores están bien colocadas y ajustadas.</p> |
| <p>Sistemas fijos de Extinción</p> <ul style="list-style-type: none"> - Rociadores de Agua. - Agua Pulverizada. - Polvo. - Espuma. - Agentes Extint. Gaseosos. | <p>Comprobar que las boquillas del agente extintor o rociadores están en buen estado y libres de obstáculos para su buen funcionamiento.</p> <p>Comprobación del buen estado de los componentes del sistema, especialmente de la válvula de prueba de los sistemas de rociadores, o los mandos manuales de la instalación de los sistemas de polvo o agentes gaseosos.</p> <p>Comprobación del estado de carga</p> | |

| | | |
|--|---|--|
| | <p>de la instalación de los sistemas de polvo, CO₂ o Halón y de las botellas de gas impulsor si existen.</p> <p>Comprobación de los circuitos de señalización, pilotos.. de los sistemas con indicación en control.</p> <p>Limpieza general de todos los componentes.</p> | |
| Sistemas de Abastecimiento de agua contra incendios. | <p>Verificación por inspección de todos los elementos, depósitos, válvulas, mandos, alarmas motobombas, señales, accesorios...</p> <p>Comprobación del funcionamiento automático y manual de la instalación de acuerdo con las instrucciones del fabricante o instalador.</p> <p>Mantenimiento de acumuladores, limpieza de bornas, reposición de agua destilada...</p> <p>Verificación de niveles de : combustible, agua, aceite...</p> <p>Verificar la accesibilidad a elementos, limpieza general ventilación de sala de bombas...</p> | <p>Accionamiento y engrase de válvulas.</p> <p>Verificación y ajuste de prensaestopas.</p> <p>Verificación de velocidad de motores con diferentes cargas.</p> <p>Comprobar la alimentación eléctrica, líneas y protecciones.</p> |

TABLA II

Programa de mantenimiento de los medios materiales de lucha contra incendios.

Operaciones a realizar por el personal especializado del fabricante o instalador del equipo o sistema o por el personal de una Empresa Mantenedora Autorizada.

| SISTEMA | CADA | |
|---|--|------------|
| | AÑO | CINCO AÑOS |
| Sistemas Automáticos de Detección y Alarma de Incendios | <p>Verificación integral de la instalación.</p> <p>Limpieza del equipo de centrales y accesorios.</p> <p>Verificación de uniones roscadas o soldadas.</p> <p>Limpieza y reglaje de relés.</p> <p>Regulación de tensiones e intensidades.</p> <p>Verificación de los equipos de transmisión de alarma.</p> <p>Prueba final de la instalación con cada fuente de suministro eléctrico.</p> | |
| Sistema Manual de Alarma de Incendios | <p>Verificación integral de la instalación.</p> <p>Limpieza de sus componentes.</p> <p>Verificación de uniones roscadas o soldadas.</p> <p>Prueba final de la instalación con cada fuente de suministro eléctrico.</p> | |

| | | |
|------------------------|---|---|
| Extintores de Incendio | <p>Comprobación del peso y presión en su caso.</p> <p>En el caso de extintores de polvo con botellín de gas de impulsión se comprobará el buen estado del agente extintor y el peso y aspecto interno del botellín.</p> <p>Inspección ocular del estado de la manguera, boquilla o lanza, válvulas y partes mecánicas.(1)</p> | <p>A partir de la fecha de timbrado del extintor (y por tres veces) se procederá al retimbrado del mismo de acuerdo con la ITC- MIE - AP 5 del Reglamento de Aparatos a Presión.</p> <p>Rechazo:</p> <p>Se rechazarán aquellos extintores que, a juicio de la empresa mantenedora presenten defectos que pongan en duda el correcto funcionamiento y la seguridad del extintor o bien aquellos para los que no existan piezas originales que garanticen el mantenimiento de las condiciones de fabricación.</p> |
|------------------------|---|---|

(1) : En esta revisión anual no será necesaria la apertura de los extintores portátiles de polvo con presión permanente salvo que en las comprobaciones que solicitan se hayan observado anomalías que lo justifiquen.

En el caso de apertura del extintor, la empresa mantenedora situará en el exterior del mismo un sistema indicativo que acredite que se ha realizado la revisión interior del aparato. Como ejemplo de sistema indicativo de que se ha realizado la apertura y revisión interior del extintor, se puede utilizar una etiqueta indeleble, en forma de anillo, que se coloca en el cuello de la botella antes del cierre del extintor y que no pueda ser retirado sin que se produzca la destrucción o deterioro de la misma.

TABLA II (Cont.)

| SISTEMA | CADA | |
|---|--|--|
| | AÑO | CINCO AÑOS |
| Bocas de Incendio Equipadas (BIE) | <p>Desmontaje de la manguera y ensayo de esta en lugar adecuado.</p> <p>Comprobación del correcto funcionamiento de la boquilla en sus distintas posiciones y del sistema de cierre.</p> <p>Comprobación de la estanqueidad de los racores y manguera y estado de las juntas.</p> <p>Comprobación de la indicación del manómetro con otro de referencia (patrón) acoplado en el racor de conexión de la manguera.</p> | La manguera debe ser sometida a una presión de prueba de 15 kg / cm ² |
| <p>Sistemas fijos de Extinción</p> <ul style="list-style-type: none"> - Rociadores de Agua. - Agua Pulverizada. - Polvo. - Espuma. - Agentes Extint. Gaseosos. | <p>Comprobación integral, de acuerdo con las instrucciones del fabricante o instalador, incluyendo en todo caso :</p> <p>Verificación de los componentes del sistema, especialmente los dispositivos de disparo y alarma .</p> <p>Comprobación de la carga del agente extintor y del indicador de la misma (medida alternativa del peso o presión).</p> <p>Comprobación del estado del agente extintor.</p> <p>Prueba de la instalación en las</p> | |

| | | |
|--|--|--|
| | condiciones de su recepción. | |
| Sistemas de Abastecimiento de agua contra incendios. | <p>Gama de mantenimiento anual de motores y bombas de acuerdo con las instrucciones del fabricante.</p> <p>Limpieza de filtros y elementos de retención de suciedad en alimentación de agua.</p> <p>Prueba del estado de carga de baterías y electrolito de acuerdo con las instrucciones del fabricante.</p> <p>Prueba en las condiciones de su recepción, con realización de curvas de abastecimiento con cada fuente de agua y energía.</p> | |

13.ANEXO II

tyco Fire & Building
Products

<http://www.tyco-fireproducts.com>

Protectospray® Tipo D3 **Boquillas de pulverización direccionales, abiertas** **TFP802 - Material anexo**

Descripción General

Las boquillas ProtectoSpray Tipo D3 son boquillas abiertas (no automáticas) con descarga direccional y se destinan a los sistemas fijos de agua pulverizada para la protección contra incendios. Las boquillas tipo D3 son boquillas con deflector externo que producen una descarga cónica llena y uniforme con gotitas de agua a media velocidad.

Las boquillas D3 son eficaces para cubrir superficies expuestas verticales, horizontales, curvadas y de forma irregular con una pulverización refrigerante para impedir la excesiva absorción de calor de un incendio adyacente y posibles daños estructurales, o la propagación del fuego al equipo protegido. En ciertas aplicaciones, en función de los requerimientos de densidad de agua de diseño, también se pueden utilizar para el control y la extinción del incendio.

Las boquillas Tipo D3 están disponibles en una amplia gama de tamaños de orificio y ángulos de descarga (ángulos de difusión incluidos), tal como se describe en la Ficha Técnica TFP802, para proporcionar flexibilidad en el diseño del sistema.

AVISOS

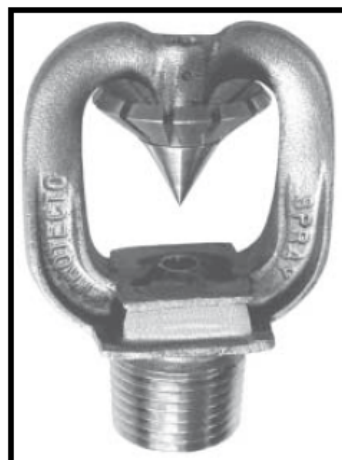
Las boquillas ProtectoSpray Tipo D3 que aquí se describen deben ser instaladas y conservadas tal como se indica en la Ficha Técnica TFP802, de conformidad con las normas aplicables de la National Fire Protection Association (NFPA), y las normas de cualquier otra autoridad jurisdiccional. El incumplimiento de este requisito puede perjudicar el funcionamiento de los dispositivos.

El propietario es responsable de mantener su sistema de protección contra incendios y sus dispositivos en buen estado de funcionamiento. En caso de duda, póngase en contacto con el instalador o fabricante del rociador.

Información de anexo

En tanto boquillas fijas con descarga direccional, las boquillas ProtectoSpray Tipo D3 se pueden instalar a cualquier ángulo fijo de 0 grados (descendente recto) a 180 grados (ascendente recto). En función del ángulo fijo, es decir, la posición instalada, la distancia axial máxima entre el extremo de la boquilla y el plano de protección a la cual el perfil de pulverización se mantiene concéntrico con el eje de la boquilla varía, debido a la combinación entre la velocidad de salida del agua pulverizada y el efecto de gravedad. La distancia axial, por lo tanto, se hace más corta cuando el ángulo fijo pasa de 0 grados a 180 grados.

La hoja de datos técnica TFP802 proporciona la distancia axial máxima para la protección por enfriamiento en el intervalo de ángulos fijos de 0 a 180 grados. Las figuras 1 a 7 de esta ficha técnica se han elaborado como referencia para ilustrar los ángulos fijos de 0 grados y de 90 grados. Estas ilustraciones se han basado en la información proporcionada en la ficha técnica TFP802.



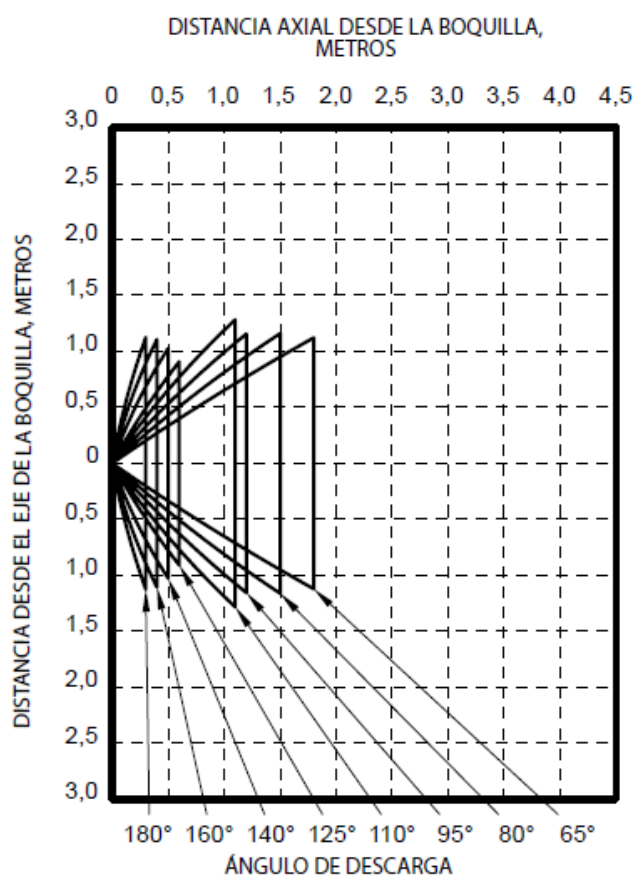
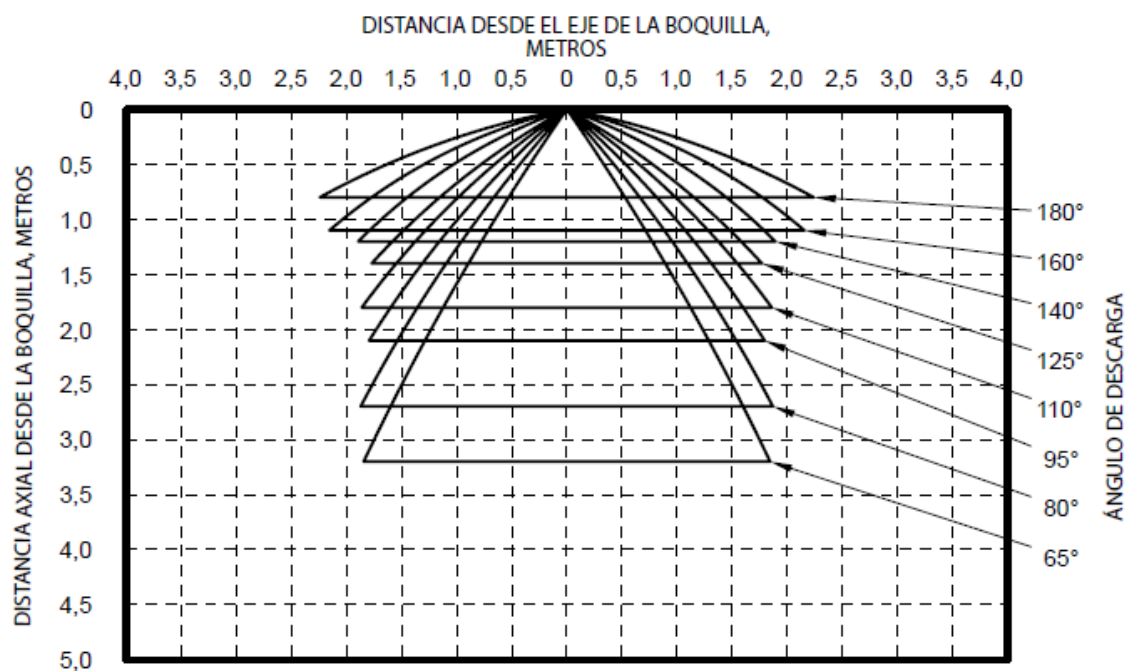


FIGURA 1
ORIFICIO N° 16 — PERFILES DE DESCARGA
A ÁNGULO FIJO DE ORIENTACIÓN 0 GRADOS (DESCENDENTE) Y 90 GRADOS (HORIZONTAL)

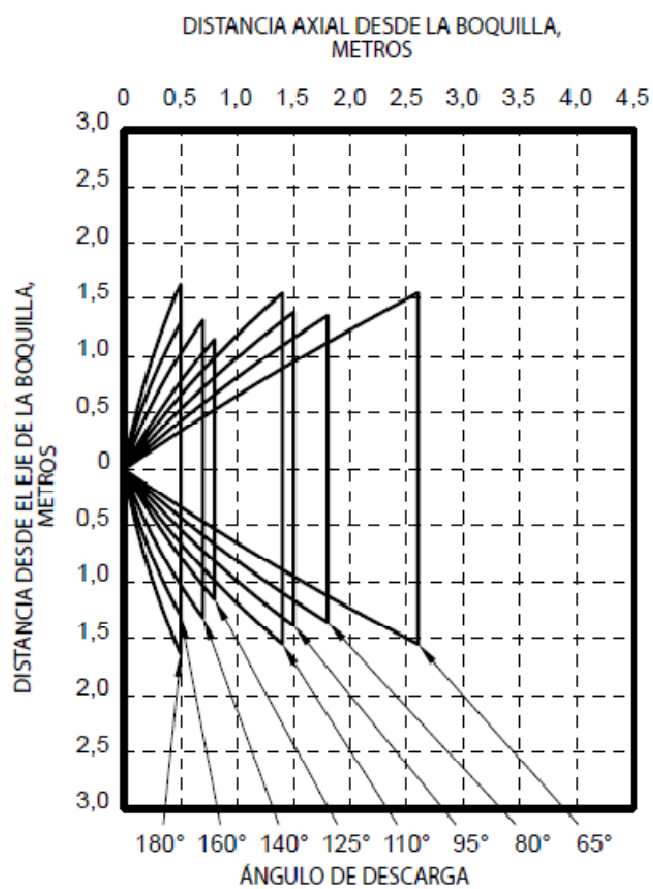
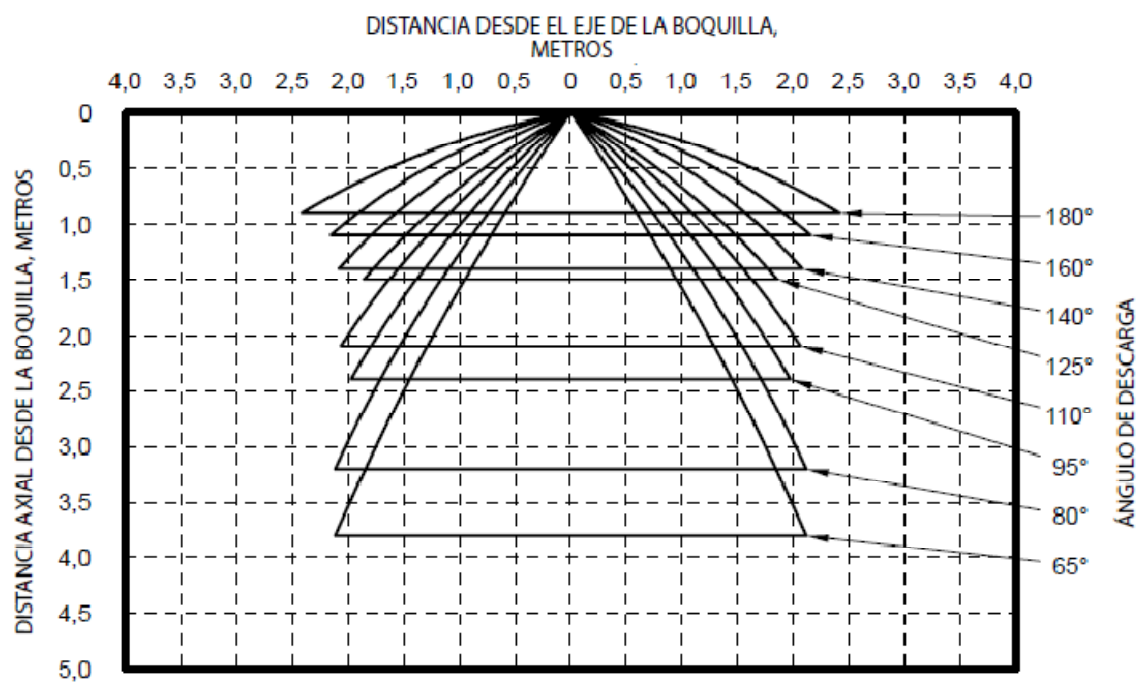


FIGURA 2
ORIFICIO N° 18 — PERFILES DE DESCARGA
A ÁNGULO FIJO DE ORIENTACIÓN 0 GRADOS (DESCENDENTE) Y 90 GRADOS (HORIZONTAL)

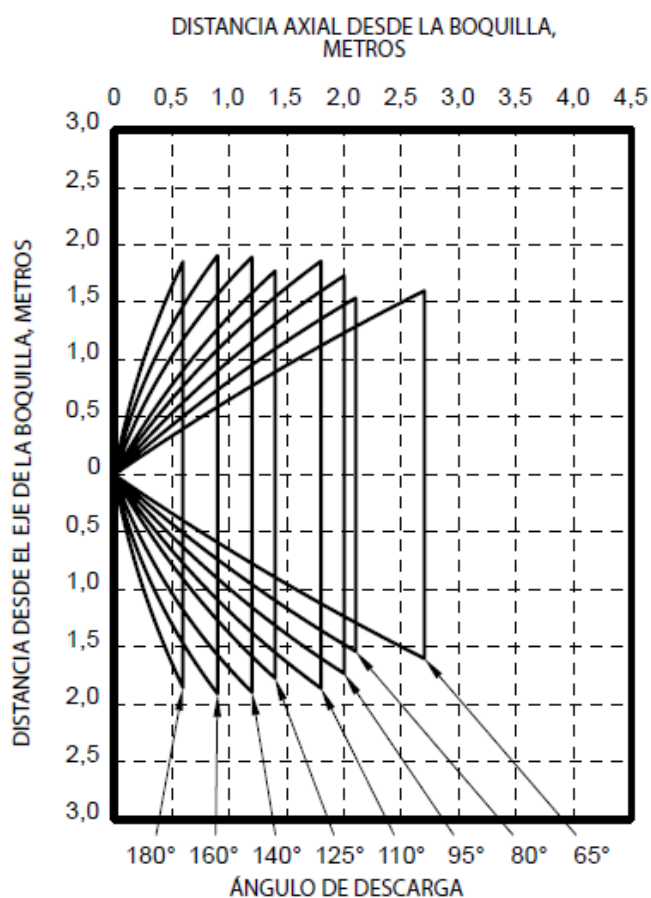
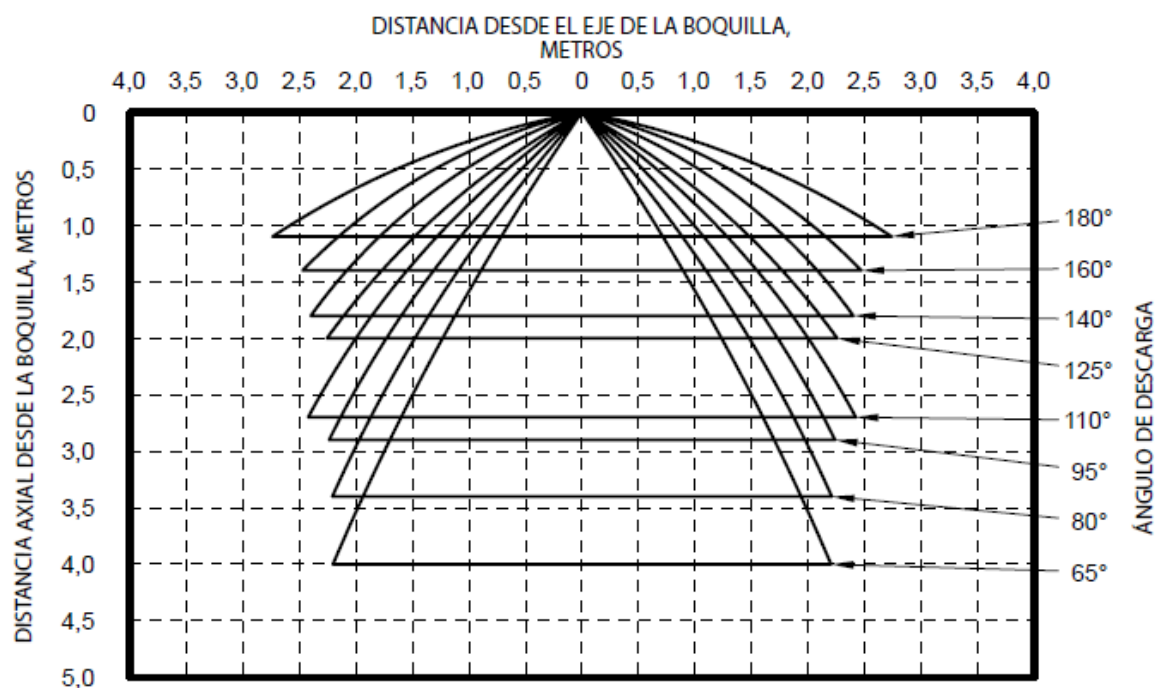


FIGURA 3
ORIFICIO N° 21 — PERFILES DE DESCARGA
A ÁNGULO FIJO DE ORIENTACIÓN 0 GRADOS (DESCENDENTE) Y 90 GRADOS (HORIZONTAL)

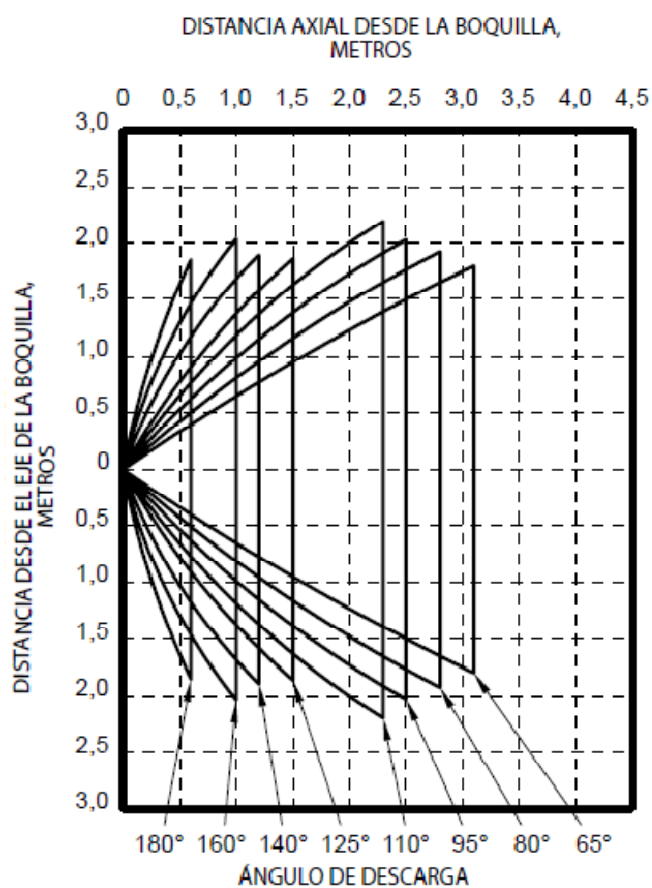
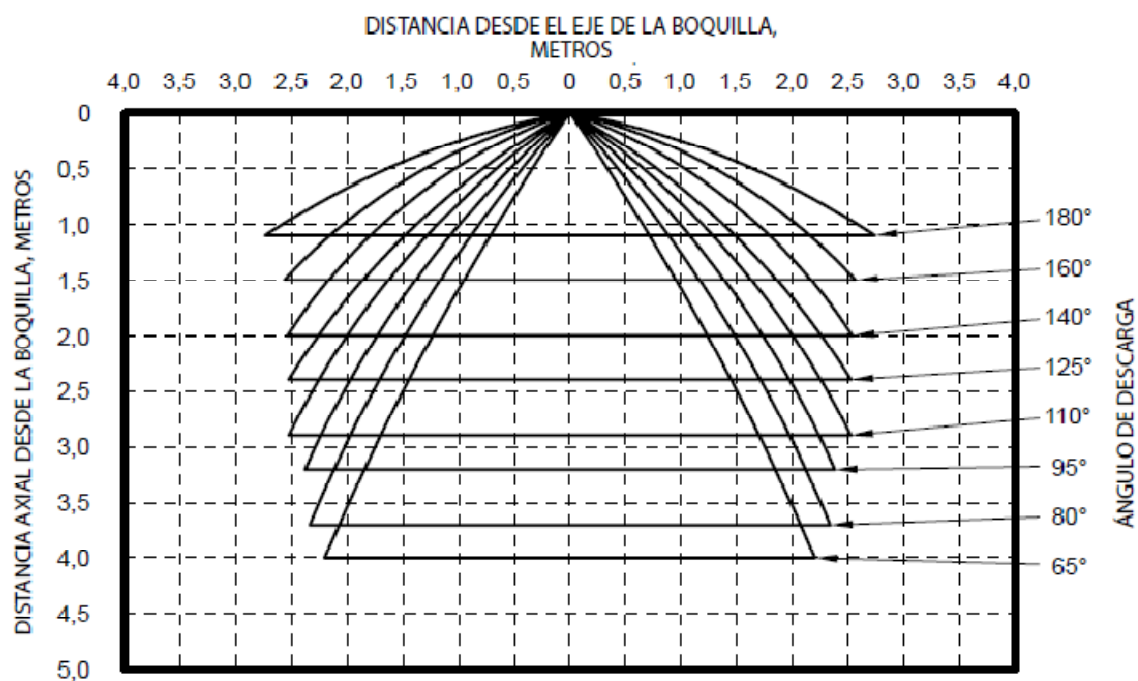


FIGURA 4
ORIFICIO N° 24 — PERFILES DE DESCARGA
A ÁNGULO FIJO DE ORIENTACIÓN 0 GRADOS (DESCENDENTE) Y 90 GRADOS (HORIZONTAL)

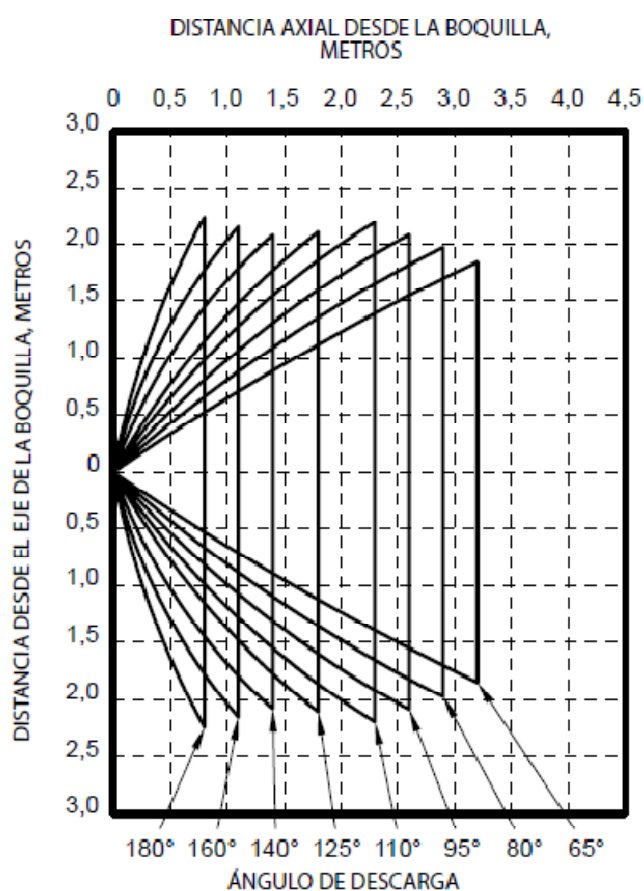
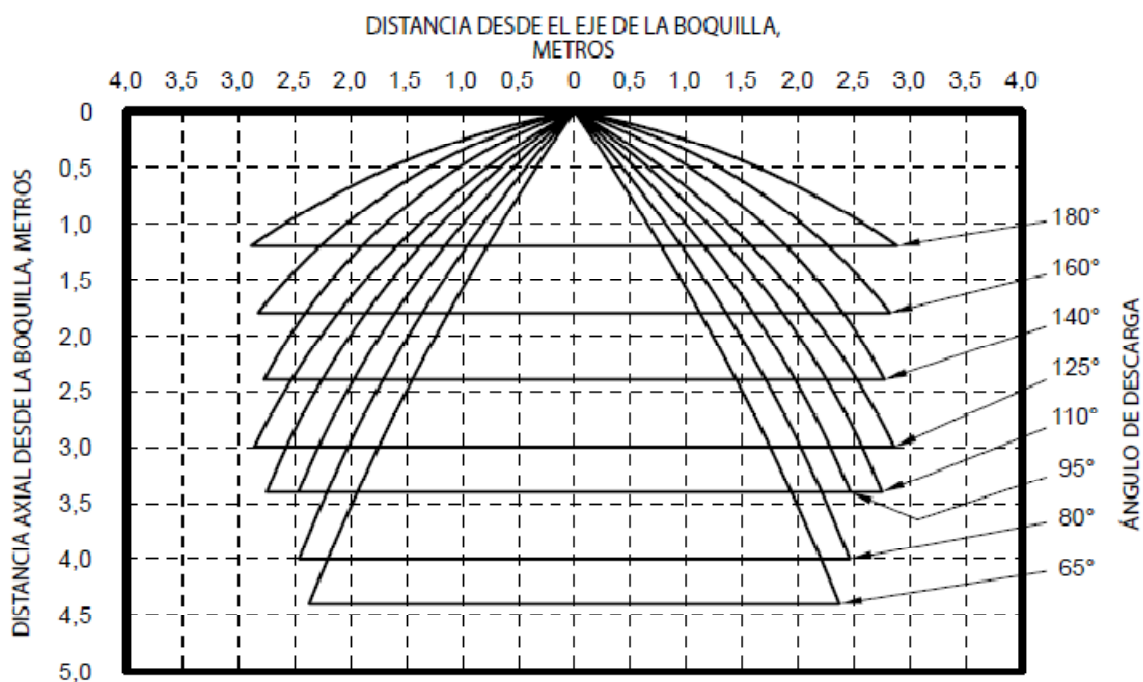


FIGURA 5
ORIFICIO N° 28 — PERFILES DE DESCARGA
A ÁNGULO FIJO DE ORIENTACIÓN 0 GRADOS (DESCENDENTE) Y 90 GRADOS (HORIZONTAL)

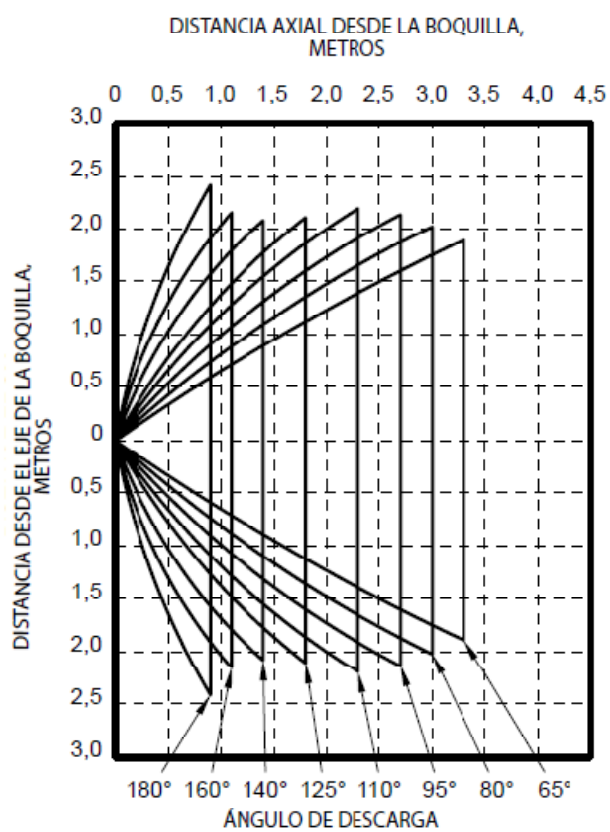
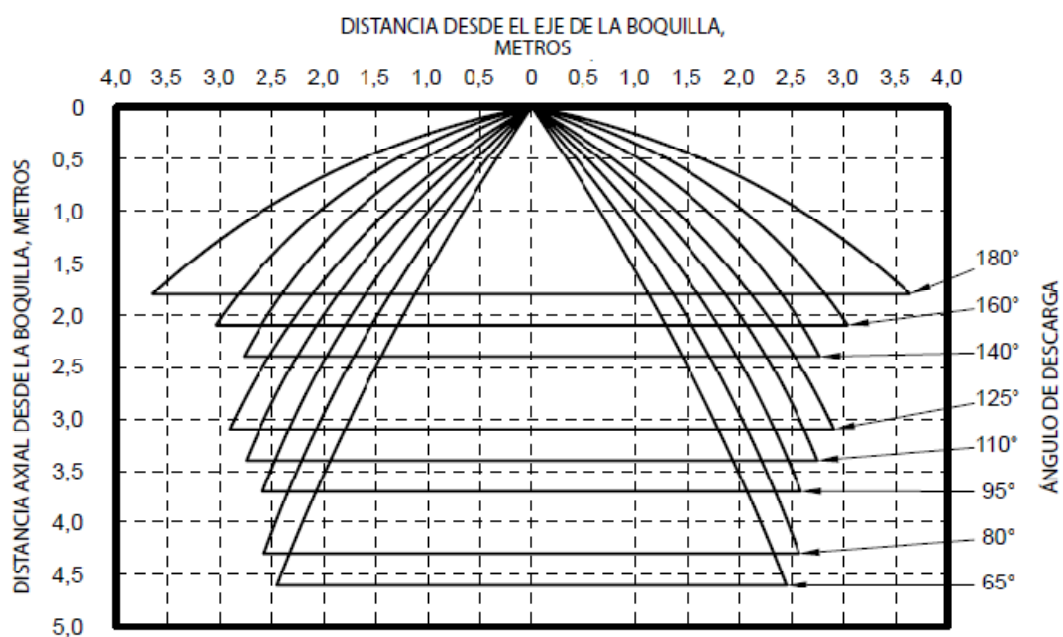


FIGURA 6
ORIFICIO N° 32 — PERFILES DE DESCARGA
A ÁNGULO FIJO DE ORIENTACIÓN 0 GRADOS (DESCENDENTE) Y 90 GRADOS (HORIZONTAL)

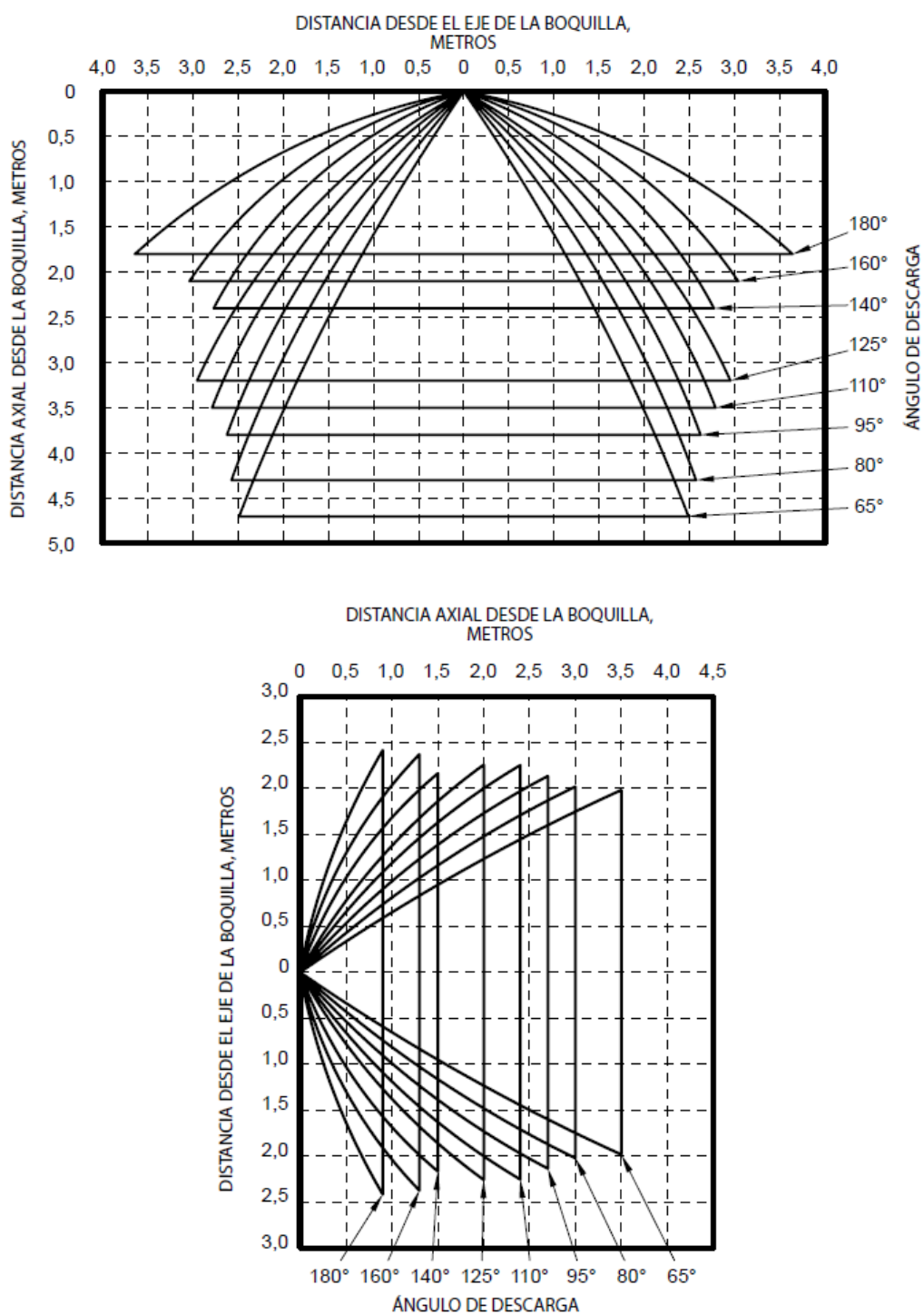


FIGURA 7
ORIFICIO N° 34 — PERFILES DE DESCARGA
A ÁNGULO FIJO DE ORIENTACIÓN 0 GRADOS (DESCENDENTE) Y 90 GRADOS (HORIZONTAL)

14.ANEXO III

tyco Fire & Building
Products

<http://www.tyco-fireproducts.com>

Boquillas Protectospray® Tipo D3 de pulverización direccional, abiertas, a media velocidad

Descripción General

Las boquillas ProtectoSpray Tipo D3 son boquillas abiertas (no automáticas) con descarga direccional y se destinan a los sistemas fijos de agua pulverizada para la protección contra incendios. Son boquillas con deflector externo que producen una descarga cónica llena y uniforme con gotitas de agua a media velocidad.

Las boquillas D3 son eficaces para cubrir superficies expuestas verticales, horizontales, curvadas y de forma irregular con una pulverización refrigerante para impedir la excesiva absorción de calor de un incendio adyacente y posibles daños estructurales, o la propagación del fuego al equipo protegido. En ciertas aplicaciones, en función de los requerimientos de densidad de agua de diseño, las boquillas Tipo D3 también se pueden utilizar para el control o la extinción del incendio.

Las boquillas Tipo D3 están disponibles en una amplia gama de tamaños de orificio y ángulos de descarga (ángulo de difusión incluido) para proporcionar flexibilidad en el diseño del sistema. Consulte la Hoja Técnica TFP890 para información sobre los tapones de purga que se pueden utilizar para las aplicaciones donde se requiere protección contra la infestación por insectos o la acumulación de residuos dentro del orificio de la boquilla.

IMPORTANTE

Ver la Hoja Técnica TFP700 para el "AVISO AL INSTALADOR" que indica las precauciones a tomar con respecto a la manipulación y montaje de los sistemas de rociadores y sus componentes. La manipulación y montaje inadecuados pueden provocar daños permanentes en un sistema de rociadores o sus componentes que impidan que la boquilla funcione en caso de incendio.

Se recomienda que se consulte al usuario final sobre la idoneidad de los materiales de construcción y acabado para una condiciones corrosivas en concreto. Deben considerarse como mínimo los efectos de la temperatura ambiente, de la concentración de productos químicos, y de la velocidad de gases/sustancias químicas, así como la naturaleza corrosiva a la cual pueden estar expuestos los rociadores.

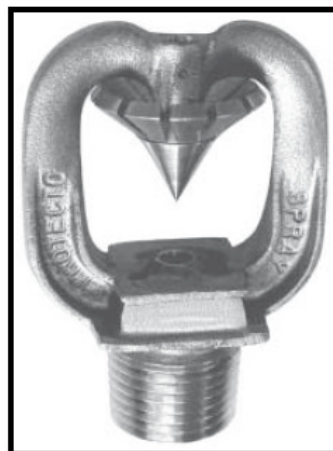
Boquilla ProtectoSpray Tipo D3 es la nueva designación de la Gem Tipo D3.

AVISOS

Las boquillas ProtectoSpray Tipo D3 que aquí se describen deben ser instaladas y conservadas tal como se indica en este documento, de conformidad con las normas aplicables de la National Fire Protection Association (NFPA), y las normas de cualquier otra autoridad jurisdiccional. El no cumplimiento de este requisito puede perjudicar el funcionamiento de los dispositivos.

El diseño de los sistemas fijos de agua pulverizada puede variar considerablemente, en función de las características y de la naturaleza del riesgo, del propósito básico del sistema de pulverización, de la configuración del riesgo, y de las condiciones del viento/del tiro. Debido a estas variaciones y a la amplia gama de características disponibles de pulverización de las boquillas, el diseño de los sistemas fijos de agua pulverizada para la protección contra incendios debe ser realizado únicamente por proyectistas experimentados que entiendan a fondo las limitaciones y capacidades de dichos sistemas.

El propietario es responsable de mantener su sistema de protección contra incendios y sus dispositivos en buen estado de funcionamiento. En caso de duda, pongase en contacto con el instalador o fabricante del rociador.



Datos técnicos

Homologaciones

Las boquillas ProtectoSpray Tipo D3 con acabado natural, cromadas, y en bronce revestido de plomo, así como en acero inoxidable, son listadas por UL y C-UL, y homologadas por FM.

Presión máxima de trabajo

175 psi (12,1 bar). Consulte también la Figura 2, Nota 2.

Coficiente de descarga

Consulte la Tabla A.

Ángulos de descarga

Consulte la Tabla B.

Acabado y material

Consulte la Tabla E.

Rosca

NPT de 1/2"

Características físicas (bronce)

Cuerpo bronce

Deflector bronce

Divisor bronce

Pasador bronce

Características físicas (acero inoxidable)

Cuerpo ASTM-A296,

Grado CF-8M (equiv. acero inox. 316)

Deflector acero inox. 316

Divisor acero inox. 316

Pasador acero inox. 316

Criterios de diseño

Colocación de las boquillas. Donde la autoridad jurisdiccional requiere el impacto directo del agua pulverizada sobre toda la superficie protegida, las boquillas deben separarse y orientarse de modo que sus formas de descarga cubran totalmente el plano de protección con la densidad media requerida mínima; sin embargo, se recomienda que la separación de las boquillas se limite a 3,7 m (12') al interior y a 3,0 m (10') a la intemperie. Donde se cuenta con el deslizamiento vertical u horizontal, p.ej. la protección por enfriamiento de recipientes de conformidad con NFPA 15, se aplican las mismas separaciones arriba recomendadas.

Cuando se utilizan para proteger las superficies de un recipiente, por ejemplo, las boquillas se posicionan perpendicularmente a, y a unos 0,6 m (2') de la superficie. Este enfoque, conjuntamente con un ángulo de descarga correctamente seleccionado, tenderá a hacer más eficaz el uso del agua pulverizada, ayudando a la vez a minimizar los efectos perturbadores de las condiciones del viento/ del tiro sobre la forma de descarga del agua.

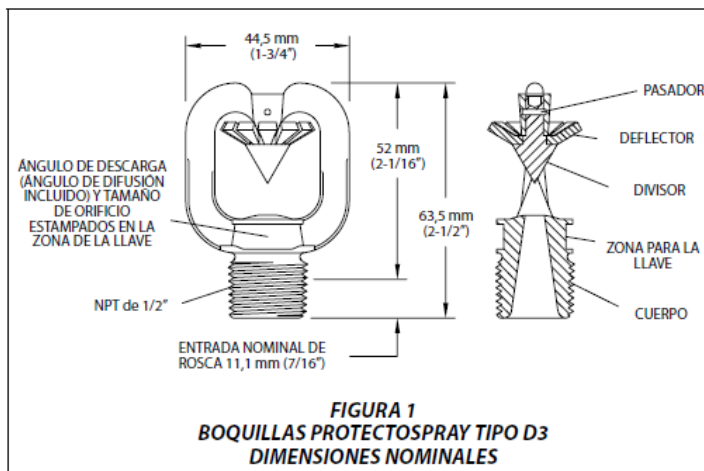


FIGURA 1
BOQUILLAS PROTECTOSPRAY TIPO D3
DIMENSIONES NOMINALES

| ORIFICIO | DIÁMETRO MÍNIMO | | FACTOR K | |
|----------|-----------------|------------|-----------------------------------|---------------------------------------|
| | | | NFPA (GPM/psi ^{0.5}) | ISO/SI (l/min.bar ^{0.5}) |
| No. 16 | 0,203" | (5,16 mm) | 1,2 | 17,3 |
| No. 18 | 0,250" | (6,35 mm) | 1,8 | 25,9 |
| No. 21 | 0,281" | (7,14 mm) | 2,3 | 33,1 |
| No. 24 | 0,328" | (8,33 mm) | 3,0 | 43,2 |
| No. 28 | 0,375" | (9,53 mm) | 4,1 | 59,0 |
| No. 32 | 0,438" | (11,13 mm) | 5,6 | 80,6 |
| No. 34 | 0,500" | (12,70 mm) | 7,2 | 103,7 |

TABLA A
SELECCIÓN DE TAMAÑOS DE ORIFICIO

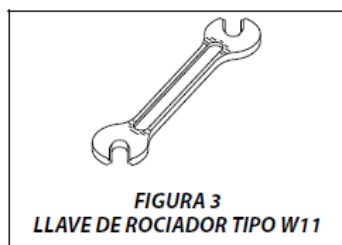
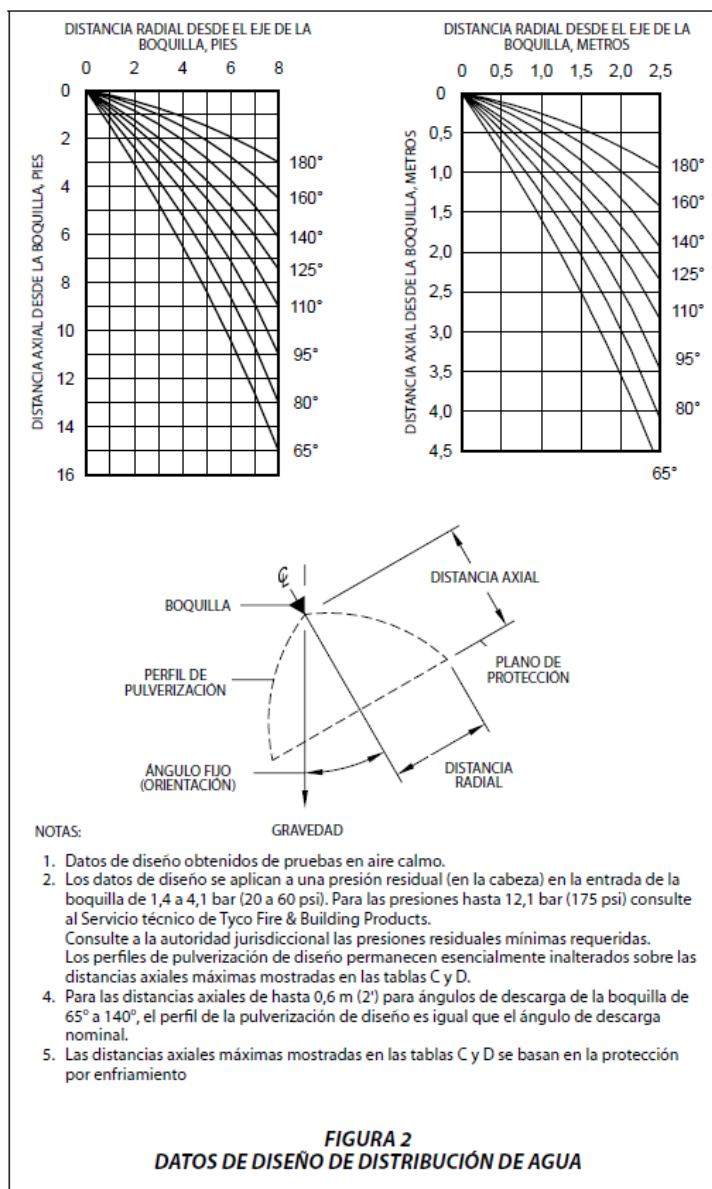
| | |
|------|------|
| 65° | 125° |
| 80° | 140° |
| 95° | 160° |
| 110° | 180° |

TABLA B
SELECCIÓN DE ÁNGULO DE DESCARGA

Formas de descarga. En la Figura 2 se muestran los perfiles de pulverización de diseño para los ángulos de descarga de la boquilla de 65 a 180 grados, y se aplican a presiones de descarga de 1,4 a 4,1 bar (20 a 60 psi). Las presiones de descarga superiores a 4,1 bar (60 psi) darán lugar a una disminución del área de cobertura puesto que las formas de descarga tienden a retraerse a presiones más altas. Solicitar informes sobre presiones de descarga más altas al departamento de Servicio técnico. Las distancias axiales máximas entre el extremo de la boquilla y el plano de protección, para protección por enfriamiento, se dan en las Tablas C y D. Cuando la distancia axial del

extremo de boquilla al plano de protección es igual o inferior a 0,9 m (3'), el perfil de descarga de diseño es el mismo que los ángulos nominales de descarga de 65 a 140 grados.

Filtros de tubería principal. Para los sistemas que utilizan boquillas con un diámetro de paso de agua inferior a 9,5 mm (3/8"), es decir, No 16 a No 24 (Ref. Tabla A), y para cualquier sistema donde el agua es susceptible de contener material obstructivo se requieren filtros en la tubería principal conforme a NFPA 15.



Instalación

Las boquillas ProtectoSpray Tipo D3 deben instalarse de acuerdo con las siguientes instrucciones:

NOTA

Un cierre hermético de la rosca 1/2" NPT de la boquilla se obtiene aplicando un par de entre 9,5 y 19 Nm (7 a 14 ft.lb). El par máximo admisible para la instalación de las boquillas con rosca

de 1/2" NPT es de 29 Nm (20 ft.lb). Valores más elevados de par pueden distorsionar la entrada de la boquilla y provocar una fuga de agua o perjudicar el funcionamiento de la boquilla.

Paso 1. Aplicar sellante de tubería a la rosca de entrada y enroscar la boquilla al accesorio con tensión manual.

Paso 2. Apretar la boquilla utilizando únicamente la llave de rociador W-Type 11 (ver Figura 3). La llave de rociador W-Tipo 11 se debe aplicar a la zona indicada del rociador (Ver figura 1).

Cuidados y mantenimiento

El mantenimiento y la reparación de las boquillas ProtectoSpray Tipo D3 deben efectuarse de conformidad con las instrucciones siguientes:

NOTA

Antes de cerrar la válvula principal de cierre del sistema de protección contra incendios para realizar trabajos de mantenimiento en el sistema que controla, se debe obtener autorización de las autoridades relevantes para dejar fuera de servicio el sistema involucrado, y notificar a todo el personal que pueda verse afectado.

Jamás se deben pintar ni galvanizar las boquillas ProtectoSpray Tipo D3, ni aplicarles un recubrimiento o alterar de modo alguno las condiciones en que hayan salido de fábrica; de lo contrario, puede verse afectado el rendimiento de pulverización.

Se debe cuidar de evitar todo daño a las boquillas antes, durante y después de la instalación. Toda boquilla dañada por calda, golpes, mal uso de la llave u otra circunstancia similar deberá ser sustituida.

Se recomienda realizar inicialmente frecuentes inspecciones visuales para las boquillas instaladas en atmósferas potencialmente corrosivas para verificar la integridad de los materiales de construcción y acabado debido a que pueden ser afectadas por las condiciones corrosivas presentes para una instalación dada. A partir de entonces, se requieren inspecciones anuales conforme a NFPA 25.

Los sistemas fijos de agua pulverizada para servicios de protección contra incendios requieren cuidados y mantenimiento regularmente programados por personal capacitado. Además de examinar el rendimiento de la pulverización apropiado de las boquillas durante los ensayos de disparo de flujo de agua del sistema, se recomienda examinar periódicamente si hay en las boquillas piezas quebradas o faltantes (incluyendo tapones de purga cuando sea aplicable), carga/obstrucciones, u otra evidencia de protección deteriorada. Las inspecciones se deben programar semanalmente o con tanta frecuencia como (Continúa en la Página 6)

| DISTANCIA AXIAL MÁXIMA PARA ÁNGULO DE DESCARGA DE 65° EN PIES Y PULGADAS | | | | | | | | |
|---|----------|------|------|------|------|------|------|--|
| ÁNGULO FIJO | ORIFICIO | | | | | | | |
| | 16 | 18 | 21 | 24 | 28 | 32 | 34 | |
| 0° | 10-6 | 12-6 | 13-0 | 13-3 | 14-6 | 15-0 | 15-6 | |
| 30° | 8-3 | 10-9 | 10-9 | 11-9 | 12-6 | 13-6 | 13-9 | |
| 45° | 7-3 | 10-0 | 10-0 | 11-3 | 11-6 | 12-6 | 12-9 | |
| 60° | 6-6 | 9-3 | 9-6 | 10-9 | 11-0 | 11-9 | 12-6 | |
| 90° | 6-0 | 8-6 | 9-0 | 10-3 | 10-6 | 10-9 | 11-6 | |
| 120° | 5-9 | 7-6 | 7-6 | 7-6 | 8-3 | 9-0 | 9-6 | |
| 135° | 5-6 | 6-0 | 6-3 | 6-6 | 7-0 | 8-0 | 8-6 | |
| 150° | 5-3 | 5-6 | 5-6 | 5-9 | 6-3 | 7-3 | 7-6 | |
| 180° | 5-0 | 5-0 | 5-0 | 5-6 | 5-9 | 6-6 | 7-0 | |

| DISTANCIA AXIAL MÁXIMA PARA ÁNGULO DE DESCARGA DE 125° EN PIES Y PULGADAS | | | | | | | | |
|--|----------|-----|-----|-----|------|------|------|--|
| ÁNGULO FIJO | ORIFICIO | | | | | | | |
| | 16 | 18 | 21 | 24 | 28 | 32 | 34 | |
| 0° | 4-6 | 5-0 | 6-6 | 7-9 | 10-0 | 10-3 | 10-6 | |
| 30° | 3-9 | 3-9 | 6-3 | 6-9 | 8-6 | 8-6 | 8-9 | |
| 45° | 3-0 | 3-6 | 5-9 | 6-0 | 7-9 | 7-6 | 8-3 | |
| 60° | 2-6 | 3-0 | 5-6 | 5-9 | 7-3 | 7-3 | 7-9 | |
| 90° | 2-0 | 2-9 | 4-9 | 5-0 | 5-9 | 6-0 | 6-6 | |
| 120° | 1-9 | 2-3 | 3-3 | 3-3 | 3-9 | 3-9 | 4-6 | |
| 135° | 1-6 | 1-9 | 2-6 | 2-6 | 3-3 | 3-3 | 3-9 | |
| 150° | 1-6 | 1-6 | 2-0 | 2-3 | 2-6 | 2-9 | 3-6 | |
| 180° | 1-3 | 1-3 | 1-9 | 2-0 | 2-3 | 2-6 | 3-3 | |

| DISTANCIA AXIAL MÁXIMA PARA ÁNGULO DE DESCARGA DE 80° EN PIES Y PULGADAS | | | | | | | | |
|---|----------|------|------|------|------|------|------|--|
| ÁNGULO FIJO | ORIFICIO | | | | | | | |
| | 16 | 18 | 21 | 24 | 28 | 32 | 34 | |
| 0° | 9-0 | 10-6 | 11-0 | 12-0 | 13-0 | 14-0 | 14-0 | |
| 30° | 7-3 | 8-3 | 8-9 | 10-6 | 11-6 | 12-3 | 12-3 | |
| 45° | 6-3 | 7-6 | 8-0 | 10-3 | 10-6 | 11-3 | 11-3 | |
| 60° | 5-6 | 7-0 | 7-6 | 10-0 | 10-3 | 10-9 | 10-9 | |
| 90° | 5-0 | 6-0 | 7-0 | 9-3 | 9-6 | 9-9 | 10-0 | |
| 120° | 4-6 | 4-9 | 5-9 | 6-6 | 7-3 | 7-0 | 8-0 | |
| 135° | 4-3 | 4-6 | 5-0 | 5-6 | 6-0 | 6-3 | 6-9 | |
| 150° | 4-0 | 4-0 | 4-6 | 5-0 | 5-6 | 5-6 | 6-0 | |
| 180° | 3-9 | 3-9 | 4-0 | 4-6 | 4-9 | 5-3 | 5-6 | |

| DISTANCIA AXIAL MÁXIMA PARA ÁNGULO DE DESCARGA DE 140° EN PIES Y PULGADAS | | | | | | | | |
|--|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--|
| ÁNGULO FIJO | ORIFICIO | | | | | | | |
| | 16 | 18 | 21 | 24 | 28 | 32 | 34 | |
| 0° | 4-0 | 4-6 | 6-0 | 6-6 | 8-0 | 8-0 | 8-0 | |
| 30° | 3-3 | 3-6 | 5-6 | 5-6 | 6-3 | 7-0 | 7-0 | |
| 45° | 2-9 | 2-9 | 5-0 | 5-0 | 5-6 | 6-6 | 6-6 | |
| 60° | 2-3 | 2-6 | 4-6 | 4-6 | 5-3 | 5-6 | 5-9 | |
| 90° | 1-9 | 2-3 | 4-0 | 4-0 | 4-6 | 4-6 | 5-0 | |
| 120° | 1-6 | 1-9 | 2-3 | 2-6 | 2-6 | 3-0 | 3-6 | |
| 135° | 1-3 | 1-6 | 1-6 | 1-9 | 2-0 | 2-6 | 2-9 | |
| 150° | 1-3 | 1-3 | 1-6 | 1-6 | 1-9 | 2-3 | 2-6 | |
| 180° | 1-0 | 1-0 | 1-3 | 1-3 | 1-6 | 2-0 | 2-3 | |

| DISTANCIA AXIAL MÁXIMA PARA ÁNGULO DE DESCARGA DE 95° EN PIES Y PULGADAS | | | | | | | | |
|---|----------|-----|-----|------|------|------|------|--|
| ÁNGULO FIJO | ORIFICIO | | | | | | | |
| | 16 | 18 | 21 | 24 | 28 | 32 | 34 | |
| 0° | 7-0 | 7-9 | 9-6 | 10-6 | 11-0 | 12-0 | 12-6 | |
| 30° | 5-9 | 6-6 | 7-9 | 9-9 | 10-6 | 10-9 | 11-0 | |
| 45° | 5-3 | 6-3 | 7-0 | 9-6 | 9-9 | 10-3 | 10-3 | |
| 60° | 4-9 | 6-0 | 6-9 | 9-3 | 9-6 | 9-9 | 9-9 | |
| 90° | 4-0 | 5-0 | 6-6 | 8-3 | 8-6 | 8-9 | 8-9 | |
| 120° | 3-6 | 3-9 | 5-0 | 5-3 | 6-3 | 6-0 | 6-6 | |
| 135° | 3-3 | 3-6 | 4-0 | 4-6 | 5-3 | 5-3 | 5-6 | |
| 150° | 3-0 | 3-0 | 3-6 | 4-0 | 4-6 | 4-6 | 4-9 | |
| 180° | 3-0 | 3-0 | 3-3 | 3-9 | 4-0 | 4-3 | 4-6 | |

| DISTANCIA AXIAL MÁXIMA PARA ÁNGULO DE DESCARGA DE 160° EN PIES Y PULGADAS | | | | | | | | |
|--|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--|
| ÁNGULO FIJO | ORIFICIO | | | | | | | |
| | 16 | 18 | 21 | 24 | 28 | 32 | 34 | |
| 0° | 3-6 | 3-9 | 4-9 | 5-0 | 6-0 | 6-9 | 7-0 | |
| 30° | 2-9 | 3-0 | 4-3 | 4-6 | 5-0 | 5-9 | 6-3 | |
| 45° | 2-3 | 2-6 | 3-9 | 4-0 | 4-6 | 5-3 | 5-6 | |
| 60° | 1-9 | 2-3 | 3-6 | 3-9 | 4-3 | 4-9 | 5-3 | |
| 90° | 1-3 | 1-9 | 3-0 | 3-3 | 3-6 | 3-9 | 4-3 | |
| 120° | 1-0 | 1-3 | 1-6 | 2-0 | 2-0 | 2-3 | 2-6 | |
| 135° | 1-0 | 1-0 | 1-3 | 1-3 | 1-6 | 1-9 | 2-0 | |
| 150° | 0-9 | 0-9 | 1-0 | 1-0 | 1-6 | 1-6 | 1-9 | |
| 180° | 0-9 | 0-9 | 0-9 | 0-9 | 1-3 | 1-6 | 1-6 | |

| DISTANCIA AXIAL MÁXIMA PARA ÁNGULO DE DESCARGA DE 110° EN PIES Y PULGADAS | | | | | | | | |
|--|----------|-----|-----|-----|------|------|------|--|
| ÁNGULO FIJO | ORIFICIO | | | | | | | |
| | 16 | 18 | 21 | 24 | 28 | 32 | 34 | |
| 0° | 6-0 | 7-0 | 9-0 | 9-6 | 11-0 | 11-3 | 11-6 | |
| 30° | 5-3 | 6-3 | 7-3 | 8-9 | 9-6 | 9-9 | 10-0 | |
| 45° | 4-9 | 5-9 | 6-6 | 8-6 | 9-0 | 9-0 | 9-3 | |
| 60° | 4-3 | 5-6 | 6-3 | 8-3 | 8-6 | 8-6 | 8-9 | |
| 90° | 3-6 | 4-6 | 5-9 | 7-6 | 7-6 | 7-6 | 7-9 | |
| 120° | 2-9 | 3-3 | 4-6 | 4-6 | 5-6 | 5-6 | 5-6 | |
| 135° | 2-6 | 2-9 | 3-6 | 3-6 | 4-6 | 4-6 | 4-9 | |
| 150° | 2-3 | 2-6 | 3-0 | 3-3 | 3-6 | 3-9 | 4-3 | |
| 180° | 2-3 | 2-3 | 2-9 | 3-0 | 3-3 | 3-6 | 3-9 | |

| DISTANCIA AXIAL MÁXIMA PARA ÁNGULO DE DESCARGA DE 180° EN PIES Y PULGADAS | | | | | | | | |
|--|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--|
| ÁNGULO FIJO | ORIFICIO | | | | | | | |
| | 16 | 18 | 21 | 24 | 28 | 32 | 34 | |
| 0° | 2-9 | 3-0 | 3-6 | 3-6 | 4-0 | 6-0 | 6-0 | |
| 30° | 2-3 | 2-3 | 3-6 | 3-6 | 3-9 | 5-0 | 5-0 | |
| 45° | 1-9 | 2-0 | 3-3 | 3-3 | 3-6 | 4-3 | 4-3 | |
| 60° | 1-6 | 1-9 | 2-9 | 2-9 | 3-3 | 3-9 | 3-9 | |
| 90° | 1-0 | 1-6 | 2-0 | 2-0 | 2-6 | 3-0 | 3-0 | |
| 120° | 0-9 | 1-0 | 1-0 | 1-0 | 1-6 | 1-6 | 1-6 | |
| 135° | 0-6 | 0-9 | 0-9 | 0-9 | 1-3 | 1-3 | 1-3 | |
| 150° | 0-6 | 0-6 | 0-6 | 0-6 | 1-0 | 1-0 | 1-0 | |
| 180° | 0-6 | 0-6 | 0-6 | 0-6 | 0-9 | 0-9 | 0-9 | |

TABLA C
TABLA D DISTANCIA AXIAL MÁXIMA ENTRE EL EXTREMO DE BOQUILLA Y
PLANO DE PROTECCIÓN PARA LA PROTECCIÓN POR ENFRIAMIENTO
— PIES Y PULGADAS —

| DISTANCIA AXIAL MÁXIMA PARA ÁNGULO DE DESCARGA DE 65° EN METROS | | | | | | | | |
|--|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--|
| ÁNGULO FIJO | ORIFICIO | | | | | | | |
| | 16 | 18 | 21 | 24 | 28 | 32 | 34 | |
| 0° | 3,2 | 3,8 | 4,0 | 4,0 | 4,4 | 4,6 | 4,7 | |
| 30° | 2,5 | 3,3 | 3,3 | 3,6 | 3,8 | 4,1 | 4,2 | |
| 45° | 2,2 | 3,0 | 3,0 | 3,4 | 3,5 | 3,8 | 3,9 | |
| 60° | 2,0 | 2,8 | 2,9 | 3,3 | 3,4 | 3,6 | 3,8 | |
| 90° | 1,8 | 2,6 | 2,7 | 3,1 | 3,2 | 3,3 | 3,5 | |
| 120° | 1,8 | 2,3 | 2,3 | 2,3 | 2,5 | 2,7 | 2,9 | |
| 135° | 1,7 | 1,8 | 1,9 | 2,0 | 2,1 | 2,4 | 2,6 | |
| 150° | 1,6 | 1,7 | 1,7 | 1,9 | 1,9 | 2,2 | 2,3 | |
| 180° | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,7 | 1,8 | 2,0 | 2,1 | |

| DISTANCIA AXIAL MÁXIMA PARA ÁNGULO DE DESCARGA DE 125° EN METROS | | | | | | | | |
|---|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--|
| ÁNGULO FIJO | ORIFICIO | | | | | | | |
| | 16 | 18 | 21 | 24 | 28 | 32 | 34 | |
| 0° | 1,4 | 1,5 | 2,0 | 2,4 | 3,0 | 3,1 | 3,2 | |
| 30° | 1,1 | 1,1 | 1,9 | 2,1 | 2,6 | 2,6 | 2,7 | |
| 45° | 0,9 | 1,1 | 1,8 | 1,8 | 2,4 | 2,3 | 2,5 | |
| 60° | 0,8 | 0,9 | 1,7 | 1,8 | 2,2 | 2,2 | 2,4 | |
| 90° | 0,6 | 0,8 | 1,4 | 1,5 | 1,8 | 1,8 | 2,0 | |
| 120° | 0,5 | 0,7 | 1,0 | 1,0 | 1,1 | 1,1 | 1,4 | |
| 135° | 0,5 | 0,5 | 0,8 | 0,8 | 1,0 | 1,0 | 1,1 | |
| 150° | 0,5 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,8 | 1,1 | |
| 180° | 0,4 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 1,0 | |

| DISTANCIA AXIAL MÁXIMA PARA ÁNGULO DE DESCARGA DE 80° EN METROS | | | | | | | | |
|--|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--|
| ÁNGULO FIJO | ORIFICIO | | | | | | | |
| | 16 | 18 | 21 | 24 | 28 | 32 | 34 | |
| 0° | 2,7 | 3,2 | 3,4 | 3,7 | 4,0 | 4,3 | 4,3 | |
| 30° | 2,2 | 2,5 | 2,7 | 3,2 | 3,5 | 3,7 | 3,7 | |
| 45° | 1,9 | 2,3 | 2,4 | 3,1 | 3,2 | 3,4 | 3,4 | |
| 60° | 1,7 | 2,1 | 2,3 | 3,0 | 3,1 | 3,3 | 3,3 | |
| 90° | 1,5 | 1,8 | 2,1 | 2,8 | 2,9 | 3,0 | 3,0 | |
| 120° | 1,4 | 1,4 | 1,8 | 2,0 | 2,2 | 2,1 | 2,4 | |
| 135° | 1,3 | 1,4 | 1,5 | 1,7 | 1,8 | 1,9 | 2,1 | |
| 150° | 1,2 | 1,2 | 1,4 | 1,5 | 1,7 | 1,7 | 1,8 | |
| 180° | 1,1 | 1,1 | 1,2 | 1,4 | 1,4 | 1,6 | 1,7 | |

| DISTANCIA AXIAL MÁXIMA PARA ÁNGULO DE DESCARGA DE 140° EN METROS | | | | | | | | |
|---|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--|
| ÁNGULO FIJO | ORIFICIO | | | | | | | |
| | 16 | 18 | 21 | 24 | 28 | 32 | 34 | |
| 0° | 1,2 | 1,4 | 1,8 | 2,0 | 2,4 | 2,4 | 2,4 | |
| 30° | 1,0 | 1,1 | 1,7 | 1,7 | 1,9 | 2,1 | 2,1 | |
| 45° | 0,8 | 0,8 | 1,5 | 1,5 | 1,7 | 2,0 | 2,0 | |
| 60° | 0,7 | 0,8 | 1,4 | 1,4 | 1,6 | 1,7 | 1,8 | |
| 90° | 0,5 | 0,7 | 1,2 | 1,2 | 1,4 | 1,4 | 1,5 | |
| 120° | 0,5 | 0,5 | 0,7 | 0,8 | 0,8 | 0,9 | 1,1 | |
| 135° | 0,4 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,6 | 0,8 | 0,8 | |
| 150° | 0,4 | 0,4 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,7 | 0,8 | |
| 180° | 0,3 | 0,3 | 0,4 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | |

| DISTANCIA AXIAL MÁXIMA PARA ÁNGULO DE DESCARGA DE 95° EN METROS | | | | | | | | |
|--|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--|
| ÁNGULO FIJO | ORIFICIO | | | | | | | |
| | 16 | 18 | 21 | 24 | 28 | 32 | 34 | |
| 0° | 2,1 | 2,4 | 2,9 | 3,2 | 3,4 | 3,7 | 3,8 | |
| 30° | 1,8 | 2,0 | 2,4 | 3,0 | 3,2 | 3,3 | 3,4 | |
| 45° | 1,6 | 1,9 | 2,1 | 2,9 | 3,0 | 3,1 | 3,1 | |
| 60° | 1,4 | 1,8 | 2,1 | 2,8 | 2,9 | 3,0 | 3,0 | |
| 90° | 1,2 | 1,5 | 2,0 | 2,5 | 2,6 | 2,7 | 2,7 | |
| 120° | 1,1 | 1,1 | 1,5 | 1,6 | 1,9 | 1,8 | 2,0 | |
| 135° | 1,0 | 1,1 | 1,2 | 1,4 | 1,6 | 1,6 | 1,7 | |
| 150° | 0,9 | 0,9 | 1,1 | 1,2 | 1,4 | 1,4 | 1,4 | |
| 180° | 0,9 | 0,9 | 1,1 | 1,1 | 1,2 | 1,3 | 1,4 | |

| DISTANCIA AXIAL MÁXIMA PARA ÁNGULO DE DESCARGA DE 160° EN METROS | | | | | | | | |
|---|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--|
| ÁNGULO FIJO | ORIFICIO | | | | | | | |
| | 16 | 18 | 21 | 24 | 28 | 32 | 34 | |
| 0° | 1,1 | 1,1 | 1,4 | 1,5 | 1,8 | 2,1 | 2,1 | |
| 30° | 0,8 | 0,9 | 1,3 | 1,4 | 1,5 | 1,8 | 1,9 | |
| 45° | 0,7 | 0,8 | 1,1 | 1,2 | 1,4 | 1,6 | 1,7 | |
| 60° | 0,5 | 0,7 | 1,1 | 1,1 | 1,3 | 1,4 | 1,6 | |
| 90° | 0,4 | 0,5 | 0,9 | 1,0 | 1,1 | 1,1 | 1,3 | |
| 120° | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | |
| 135° | 0,3 | 0,3 | 0,4 | 0,4 | 0,5 | 0,5 | 0,6 | |
| 150° | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | |
| 180° | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,4 | 0,5 | 0,5 | |

| DISTANCIA AXIAL MÁXIMA PARA ÁNGULO DE DESCARGA DE 110° EN METROS | | | | | | | | |
|---|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--|
| ÁNGULO FIJO | ORIFICIO | | | | | | | |
| | 16 | 18 | 21 | 24 | 28 | 32 | 34 | |
| 0° | 1,8 | 2,1 | 2,7 | 2,9 | 3,4 | 3,4 | 3,5 | |
| 30° | 1,6 | 1,9 | 2,2 | 2,7 | 2,9 | 3,0 | 3,0 | |
| 45° | 1,4 | 1,8 | 2,0 | 2,6 | 2,7 | 2,7 | 2,8 | |
| 60° | 1,3 | 1,7 | 1,9 | 2,5 | 2,6 | 2,6 | 2,7 | |
| 90° | 1,1 | 1,4 | 1,8 | 2,3 | 2,3 | 2,3 | 2,4 | |
| 120° | 0,8 | 1,0 | 1,4 | 1,4 | 1,7 | 1,7 | 1,7 | |
| 135° | 0,8 | 0,8 | 1,1 | 1,1 | 1,4 | 1,4 | 1,4 | |
| 150° | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1,0 | 1,1 | 1,1 | 1,3 | |
| 180° | 0,7 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1,0 | 1,1 | 1,1 | |

| DISTANCIA AXIAL MÁXIMA PARA ÁNGULO DE DESCARGA DE 180° EN METROS | | | | | | | | |
|---|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--|
| ÁNGULO FIJO | ORIFICIO | | | | | | | |
| | 16 | 18 | 21 | 24 | 28 | 32 | 34 | |
| 0° | 0,8 | 0,9 | 1,1 | 1,1 | 1,2 | 1,8 | 1,8 | |
| 30° | 0,7 | 0,7 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,5 | 1,5 | |
| 45° | 0,5 | 0,6 | 1,0 | 1,0 | 1,1 | 1,3 | 1,3 | |
| 60° | 0,5 | 0,5 | 0,8 | 0,8 | 1,0 | 1,1 | 1,1 | |
| 90° | 0,3 | 0,5 | 0,6 | 0,6 | 0,8 | 0,9 | 0,9 | |
| 120° | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | |
| 135° | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | |
| 150° | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | |
| 180° | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | |

TABLA D
TABLA D DISTANCIA AXIAL MÁXIMA ENTRE EL EXTREMO DE BOQUILLA Y
PLANO DE PROTECCIÓN PARA LA PROTECCIÓN POR ENFRIAMIENTO
— METROS —

| P/N 49 — 3XX — X — XXX | | | ÁNGULO DE DESCARGA | |
|------------------------|--------|--------------------|--------------------|------|
| ORIFICIO | | ACABADO Y MATERIAL | | |
| | | | | |
| 16 | No. 16 | 1 | 065 | 65° |
| 18 | No. 18 | 4 | 080 | 80° |
| 21 | No. 21 | 7 | 095 | 95° |
| 24 | No. 24 | 9 | 110 | 110° |
| 28 | No. 28 | 0 | 125 | 125° |
| 32 | No. 32 | | 140 | 140° |
| 34 | No. 34 | | 160 | 160° |
| | | | 180 | 180° |

TABLA E
SELECCIÓN DE NÚMERO DE COMPONENTE

sea necesario, y deben emprenderse acciones correctivas para asegurarse de que las boquillas se comportarán según lo previsto en caso de incendio.

Para las instalaciones sujetas a helada y donde se han instalado tapones de purga, debe realizarse inspeccionarse periódicamente si hay acumulación de hielo del condensado atrapado que podría afectar la apropiada descarga de los tapones de purga.

El propietario es responsable de la inspección, comprobación y mantenimiento de su sistema y dispositivos contra incendios en conformidad con este documento, así como con las normas aplicables de la National Fire Protection Association (Ej. NFPA 25) y con las normas de cualquier otra autoridad jurisdiccional. Ante cualquier duda, se debe consultar al instalador o al fabricante del rociador.

Se recomienda que los sistemas fijos de agua pulverizada sean inspeccionados, comprobados y mantenidos por un servicio cualificado de inspección de acuerdo con reglamentos locales o nacionales.

Garantía Limitada

Los productos de Tyco Fire & Building Products (TFBP) se garantizan, únicamente al Comprador original, durante un período de 10 años contra cualquier defecto en el material o mano de obra, siempre que hayan sido pagados y correctamente instalados y mantenidos en condiciones normales de uso y servicio. Esta garantía caduca a los diez (10) años de la fecha de expedición por TFBP. No se ofrece ninguna garantía en el caso de productos o componentes fabricados por

empresas que no tengan una relación de propiedad con TFBP, ni para productos y componentes que hayan sido expuestos al uso incorrecto, a la instalación inapropiada o a la corrosión, o que no hayan sido instalados, mantenidos, modificados o reparados en conformidad con las normas aplicables de la National Fire Protection Association o con las normas o reglas de otra autoridad jurisdiccional. Cualquier material que TFBP considere defectuoso será reparado o sustituido, según decisión exclusiva de TFBP. TFBP no acepta, ni autoriza a ninguna persona a aceptar de parte de TFBP, ninguna otra responsabilidad en relación con la venta de sus productos o componentes de sus productos. TFBP no acepta ninguna responsabilidad por errores en el diseño de los sistemas de rociadores ni por información inexacta o incompleta que haya podido suministrar el Comprador o los representantes de éste.

En ningún caso será responsable TFBP, por contrato, delito civil, responsabilidad objetiva, o según cualquier otra teoría jurídica, por daños incidentales, indirectos, especiales o consecuenciales, incluyendo, de modo no limitativo, los gastos de mano de obra, independientemente de si TFBP ha sido informado sobre la posibilidad de tales daños, y en ningún caso será la responsabilidad de TFBP superior en valor al precio de venta original.

ESTA GARANTÍA SUSTITUYE CUALQUIER OTRA GARANTÍA EXPLÍCITA O IMPLÍCITA, INCLUYENDO CUALQUIER GARANTÍA DE COMERCIABILIDAD O ADECUACIÓN DEL PRODUCTO PARA UN DETERMINADO USO.

Esta garantía limitada establece el remedio exclusivo ante cualquier reclamación basada en el fallo o defecto de productos, materiales o componentes, sea por contrato, delito civil,

responsabilidad objetiva, o según cualquier otra teoría jurídica.

Esta garantía tendrá la aplicación máxima permitida por la ley. La eventual falta total o parcial de validez de cualquier aspecto de esta garantía no afectará a la del resto.

Procedimiento para pedidos

Cuando curse un pedido, indique el nombre completo del producto y el P/N.

Contacte con su distribuidor local para determinar la disponibilidad.

Boquillas ProtectoSpray D3:

Especifique: Orificio No. (especificar), boquilla ProtectoSpray Tipo D3 con (especificar acabado/revestimiento y material) con (especificar número) grados ángulo de descarga, P/N (especificar a partir de la tabla E).

Llave de rociador:

Especifique: Llave de rociador tipo W11, P/N 56-452-1-001.

Tapones de purga opcionales:

Especifique: Estilo de tapón de purga (especificar letra), P/N (especificar a partir de la Figura 1).

| | |
|------------------------|------------------|
| (No. 16) Estilo A..... | P/N 56-320-1-001 |
| (No. 18) Estilo K..... | P/N 56-320-1-009 |
| (No. 21) Estilo J..... | P/N 56-320-1-008 |
| (No. 24) Estilo I..... | P/N 56-320-1-007 |
| (No. 28) Estilo H..... | P/N 56-320-1-006 |
| (No. 32) Estilo E..... | P/N 56-320-1-005 |
| (No. 34) Estilo D..... | P/N 56-320-1-004 |

Nota: este documento es una traducción. Las traducciones de cualquier información escrita a idiomas diferentes del inglés se han hecho únicamente como cortesía al público no angloparlante. No queda garantizada, ni debe suponerse, la exactitud de la traducción. En el caso de que surjan dudas respecto a la precisión de la información contenida en esta traducción, le rogamos consulte la versión inglesa del documento TFP802, que es la versión oficial del mismo. Cualquier discrepancia o diferencia surgida de la traducción no será vinculante ni tendrá repercusión legal a efectos de cumplimiento, obligación ni cualquier otro propósito. www.quickilvertranslate.com

15.ANEXO IV



■ Rociadores de Ventana Modelo WS.

■ Descripción y Funcionamiento

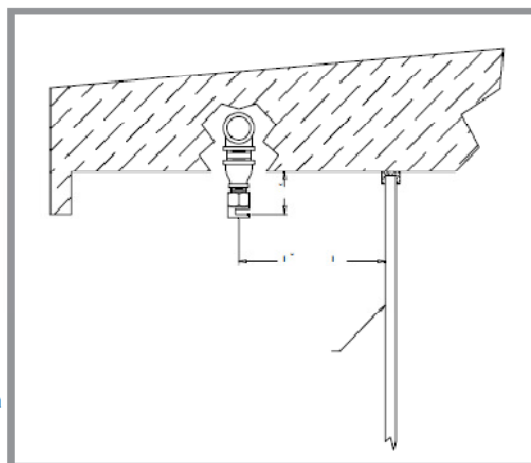
Los rociadores de ventana modelo WS de Globe están dotados de boquillas de estilo abierto especialmente diseñadas para producir un tipo de rociado de agua de 180° relativamente plano. Se utilizan generalmente para suministrar una cortina de agua sobre las ventanas de vidrio u otras aberturas a fin de evitar la penetración del fuego o del calor. Se utilizan también para ofrecer protección contra el fuego en edificios muy cercanos el uno del otro y, con frecuencia, para proteger las vigas y columnas de acero a fin de ayudar a preservar la integridad estructural de las construcciones. En el rociador de ventana modelo WS de Globe el flujo de agua se administra, bien mediante una válvula de control manual, o bien por medio de un sistema automático de diluvio.

Los rociadores de ventana Modelo WS de Globe pueden instalarse en varias posiciones, según el riesgo específico a proteger. El diagrama de instalación del rociador de ventana que se muestra en esta página representa una instalación típica para proteger ventanas de vidrio. No obstante, para la adecuada instalación y espaciado de los rociadores de ventana modelo WS de Globe debería consultarse la cláusula 13 de la N.F.P.A.



Rociador de Ventana

Instalación Típica



■ Características Técnicas

- Cuerpo: bronce
- Acabado: latón y cromado; otros acabados disponibles bajo pedido.
- Pesos:
 - 1" hexagonal, 0,25 libras (113,40 gramos)
 - 1 1/4" hexagonal, 0,30 libras (136,08 gramos).

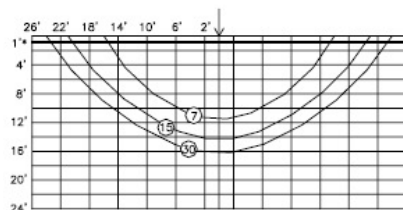
| TAMAÑO ORIFICIO | | TAMAÑO ROSCA | | FACTOR K | | ALTURA | |
|-----------------|----------|--------------|---------|----------|---------|--------|----------|
| EE.UU. | Métrico | EE.UU. | Métrico | EE.UU. | Métrico | EE.UU. | Métrico |
| 1/4" | 6,35 mm | 1/2" | 15 mm | 1,4 | 20 | 1 3/4" | 44,45 mm |
| 5/16" | 7,94 mm | 1/2" | 15 mm | 2,0 | 29 | 1 3/4" | 44,45 mm |
| 3/8" | 9,52 mm | 1/2" | 15 mm | 2,8 | 40 | 1 3/4" | 44,45 mm |
| 7/16" | 11,11 mm | 1/2" | 15 mm | 4,2 | 59 | 1 3/4" | 44,45 mm |
| 1/2" | 12,70 mm | 1/2" | 15 mm | 5,6 | 80 | 2 1/6" | 52,39 mm |
| 17/32" | 13,49 mm | 3/4" | 20 mm | 8,1 | 116 | 2 1/6" | 52,39 mm |
| 5/8" | 15,88 mm | 3/4" | 20 mm | 11,4 | 163 | 2 1/6" | 52,39 mm |



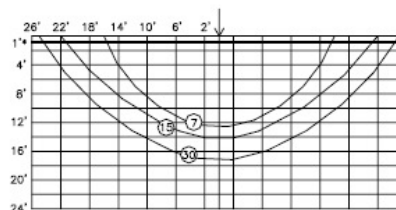
Rociadores de Ventana Modelo WS.

Tipos de Rociado - Vista desde arriba.

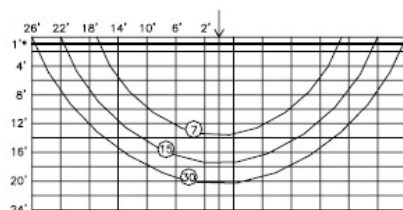
Los números de los círculos representan la presión en PSI)



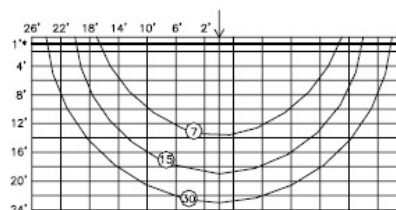
1/4" Orificio - K = 1.4



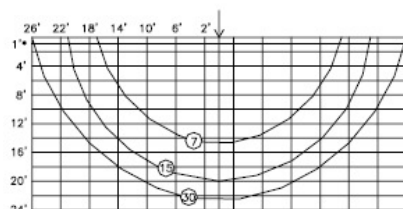
5/16" Orificio - K = 2.0



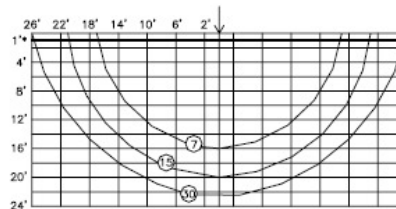
3/8" Orificio - K = 2.8



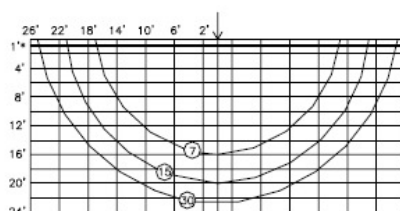
7/16" Orificio - K = 4.2



1/2" Orificio - K = 5.6



17/32" Orificio - K = 8.1



5/8" Orificio - K = 11.4

Datos de pedido

ESPECIFICAR

Cantidad N° modelo Tipo

Orificio Tamaño rosca

Globe® - Garantía de Producto

Globe garantiza la reparación o reposición de cualquiera de sus fabricados que se encuentren con materiales o mano de obra defectuosos durante un (1) año a partir de la fecha de envío. Para detalles específicos sobre nuestra garantía, consultar los términos y condiciones de venta (Lista de precios).

Avda de las flores, 13-15. P.E. El molino. 28970 Humanes de Madrid. Madrid (España)
Comercial. Telf. (+34) 91 606 37 11 Fax. (+34) 91 690 95 61 e-mail. ventas@anber.es
Internacional. Telf (+34) 916063003 Fax. (+34) 91 690 95 61 e-mail. sales@anber.es
www.anberglobe.com

BOLETÍN WS, REV.# 3

16.ANEXO V

JUMBO WATER CURTAIN NOZZLE



TECHNICAL DATA :

| | |
|-----------------------------|--|
| Model | JC - Bronze construction to IS : 318 JCS - Stainless Steel construction |
| Size | 65 NB, 80 NB, 100 NB |
| Maximum Working Pressure | 14 Bar (200 PSI) |
| Flow at 7 Kg. / Sq. Cm. | 65 NB - 1000 LPM 80 NB - 2000 LPM 100 NB - 3000 LPM |
| End Connection | Flange to ANSI B16.24 #150 for Bronze ANSI B16.5 #150 for S.S. 65 NB instantaneous male connection for 65 NB size optional |
| Finish | Natural finish or Epoxy painted |
| Ordering Information | Please specify : 1. Model Number 2. Size 3. Water curtain type 4. Flange connection specification |



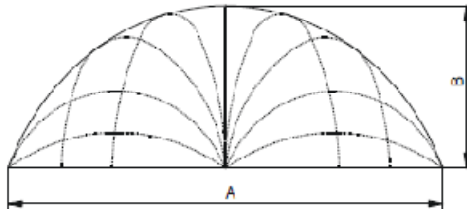
DESCRIPTION :

Jumbo Water Curtain Nozzle produces a flat curtain of water projecting upward. These nozzles are used to segregate the area by creating a water curtain.

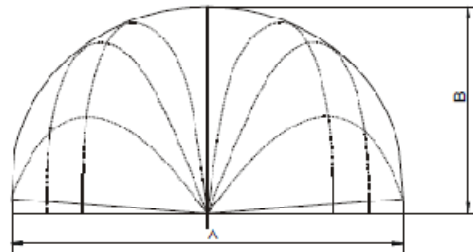
The nozzle is made out of bronze as well as stainless steel construction. A nozzle up to 1000 LPM flow can be provided with instantaneous male connection for connecting the fire hoses for portable application. The area coverage graph provided is in standstill air condition, hence the wind velocity at the site of installation is to be considered while designing the system for area coverage.



WATER CURTAIN TYPE - A



WATER CURTAIN TYPE - B

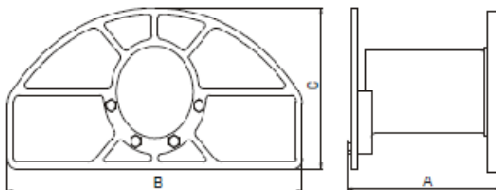


APPROXIMATE WATER CURTAIN COVERAGE

| SIZE | FLOW IN LPM AT 7KG/SQ. CM. | A MTS. | B MTS. |
|--------|-------------------------------|-----------|-----------|
| 65 NB | 1000 | 18 | 6.5 |
| 80 NB | 2000 | 27 | 9 |
| 100 NB | 3000 | 33 | 11 |

APPROXIMATE WATER CURTAIN COVERAGE

| SIZE | FLOW IN LPM AT 7KG/SQ. CM. | A MTS. | B MTS. |
|--------|-------------------------------|-----------|-----------|
| 65 NB | 1000 | 16 | 8 |
| 80 NB | 2000 | 25 | 12 |
| 100 NB | 3000 | 30 | 14 |



DIMENSION in millimeter (Approximate)

| SIZE | A | B | C |
|--------|-----|-----|-----|
| 65 NB | 250 | 450 | 205 |
| 80 NB | 250 | 450 | 205 |
| 100 NB | 250 | 500 | 220 |

LIMITED WARRANTY

Products manufactured by HD FIRE PROTECT PVT.LTD., are warranted against defects in material and workmanship for a period of Two (2) years from the date of shipment.

HD's obligation under this warranty is limited to replace or repair the products or its parts, which are shown to HD's examination to be in a defective condition attributable to HD. No warranty is given for products or components which have been subject, to misuse, improper installation, corrosion, wear and tear, improper storage, modification or repaired. If the defect attributable to HD cannot be rectified by repair or replacement, then HD may elect to refund the purchase price of the equipment in complete discharge of its obligation under this Limited Warranty.

IN NO EVENT SHALL HD FIRE PROTECT PVT. LTD. BE LIABLE IN CONTRACT, STRICT LIABILITY OR ANY OTHER LEGAL THEORY, FOR INCIDENTAL, INDIRECT, SPECIAL OR CONSEQUENTIAL DAMAGES, INCLUDING DAMAGES, FOR INJURY TO PERSON OR DEATH OR DAMAGE TO PROPERTY AND OR PENALTIES RESULTING FROM ANY PRODUCTS OR COMPONENT MANUFACTURED OR ASSEMBLED BY HD. THIS IS LIMITED WARRANTY ONLY. HD DISCLAIMS WITH RESPECT TO THE PRODUCTS ALL IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY AND ALL IMPLIED WARRANTIES OF FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE. THERE IS NO WARRANTY OF ANY NATURE MADE BY HD BEYOND AS STATED ABOVE.

NOTICE :

The equipment presented in this bulletin is to be installed in accordance with the latest publication standards of NFPA or other similar organizations and also with the provision of government codes or ordinances wherever applicable.

The information provided by us are to the best of our knowledge and belief, and are general guidelines only. Site handling and installation control is beyond our reach. Hence we give no guarantee for result and take no liability for damages, loss or penalties whatsoever, resulting from our suggestion, information, recommendation or damages due to our product.

Product development is a continuous programme of HD FIRE PROTECT PVT. LTD. and hence the right to modify any specification without prior notice is reserved with the company.



**HD FIRE PROTECT
PVT. LTD.**

C 3/6, THE NANDANVAN IND. ESTATE, L.B.S. MARG, THANE 400 604., INDIA.

•PHONE : +(91) 22 2583 5434 •2582 0956 •2582 0793

•FAX : +(91) 22 2581 2524 •5596 9049

•EMAIL : info@hdfire.com • WEBSITE : www.hdfire.com

17.ANEXO VI



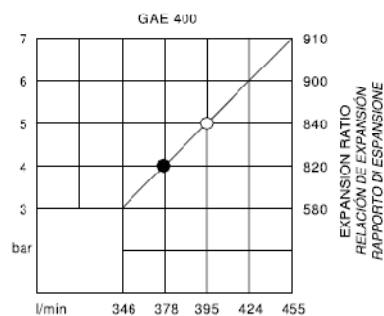
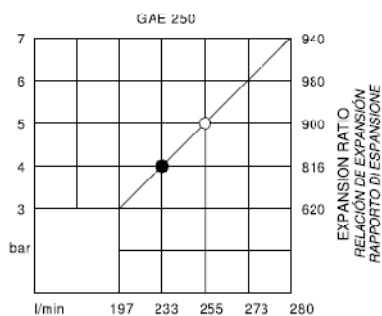
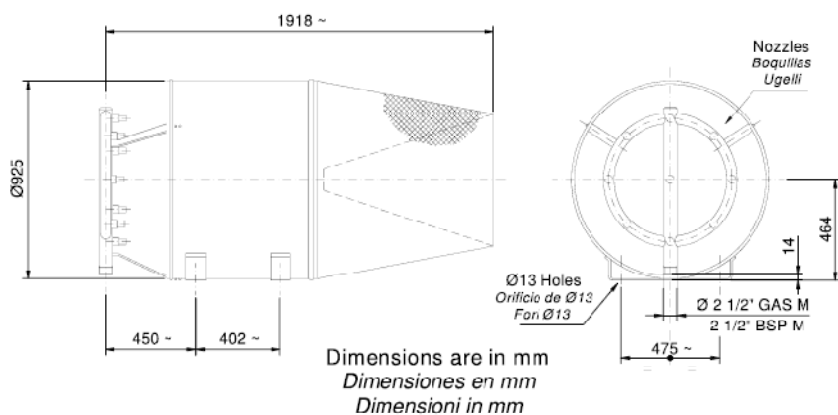
6 - FOAM SYSTEMS & COMPONENTS

Discharge Devices & Nozzles Dispositivos de descarga y boquillas Dispositivi di scarico e bocchelli

Model GAE High Expansion Foam Generator "Venturex" Type Generador de espuma de alta expansión tipo "Venturex" modelo GAE Generatore di schiuma ad alta espansione Modello GAE Tipo "Venturex"



| | |
|--|---|
| Approvals Aprobaciones Approvati | CE |
| Material (Body) Material (cuerpo) Materiale (corpo) | Stainless Steel Acero inoxidable Acciaio Inossidabile |
| Material (Water Inlet Connection) Material (conexión de entrada de agua) Materiale (Connessione ingresso acqua) | Carbon Steel (RAL3000) Acero al carbono (RAL3000) Acciaio al carbonio (RAL3000) |
| Material (Nozzle) Material (boquilla) Materiale (Düse) | Brass Latón Ottone |
| Weight Peso Peso | See table Véase la tabla Vedi tabella |



| Part Number Referencia Codice prodotto | Flow Rate (l/min - 5 bar) Caudal (l/min. - 5 bar) Portata (l/min. - 5 bar) | Foam Production (l/min - 5 bar) Producción de espuma (l/min. - 5 bar) Produzione di schiuma (l/min. - 5 bar) | Working Pressure (bar) Presión de trabajo (bar) Pressione operativa (bar) | Throw Alcance Gittata | Weight (lb / kg) Peso (lb / kg) Peso (lb / kg) |
|--|--|--|---|-----------------------------|--|
| GAE250 | 225 | 1350 | 4-8 max | 22 | 4.7 |
| GAE400 | 450 | 2700 | 4-8 max | 27 | 4.7 |
| GAE400 | 800 | 4800 | 4-8 max | 30 | 7.6 |

* According to concentrate used; En función del concentrado de espuma utilizado; Dipende dallo schiumogeno utilizzato